

Family list

5 application(s) for: JP2002096474

1 FINE PATTERN DRAWING METHOD

Inventor: FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)
EC: B05C5/02J; B41J2/02

Publication info: EP1253626 (A2) — 2002-10-30
EP1253626 (A4) — 2005-08-10

Applicant: DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP]

IPC: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+28)

2 MANUFACTURING FINE NOZZLE AND METHOD FOR FORMING FINE PATTERN

Inventor: FUJITA HIROYUKI ; MITA YOSHIRO (+2)
EC: B05C5/02J; B41J2/02

Publication info: JP2002096474 (A) — 2002-04-02

Applicant: DAINIPPON PRINTING CO LTD

IPC: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+36)

3 APPARATUS AND METHOD FOR DRAWING FINE PATTERN, AND METHOD FOR FABRICATING A FINE NOZZLE

Inventor: FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)
EC: B05C5/02J; B41J2/02

Publication info: KR20050070064 (A) — 2005-07-05

Applicant: DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP]

IPC: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)

4 Method for fine pattern formation

Inventor: FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)
EC: B05C5/02J; B41J2/02

Publication info: US2002166232 (A1) — 2002-11-14
US6767473 (B2) — 2004-07-27

Applicant: FUJITA HIROYUKI ; MITA YOSHIO,

(+3)

IPC: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)

5 FINE PATTERN DRAWING METHOD

Inventor: FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)
EC: B05C5/02J; B41J2/02

Publication info: WO0211182 (A2) — 2002-02-07
WO0211182 (A3) — 2002-08-22

Applicant: DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP] ;

FUJITA HIROYUKI [JP] (+3)

IPC: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

FINE PATTERN FORMING APPARATUS, METHOD FOR MANUFACTURING FINE NOZZLE AND METHOD FOR FORMING FINE PATTERN

Publication number: JP2002096474 (A)

Also published as:

Publication date: 2002-04-02

EP1253626 (A2)

Inventor(s): FUJITA HIROYUKI; MITA YOSHIRO; DAITO RYOICHI; TSUCHIYA KATSUNORI

US2002166232 (A1)

Applicant(s): DAINIPPON PRINTING CO LTD

US6767473 (B2)

Classification:

KR20050070064 (A)

- International: B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05C5/02; B05D1/04; B05D1/26; B41J2/02; G02B5/20; G02F1/1335; G02F1/1345; H01L21/027; B05C11/10; H01L51/00; H01L51/40; B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05C5/02; B05D1/04; B05D1/26; B41J2/015; G02B5/20; G02F1/13; H01L21/027; B05C11/10; H01L51/00; H01L51/05; (IPC1-7): B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05D1/04; B05D1/26; G02B5/20; G02F1/1335; G02F1/1345; H01L21/027

WO20111182 (A2)

- European: B05C5/02J; B41J2/02

Application number: JP20010010188 20010118

Priority number(s): JP20010010188 20010118; JP20000220410 20000721; JP20000220420 20000721; JP20000220421 20000721

Abstract of JP 2002096474 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fine pattern forming apparatus capable of forming a fine pattern with high-precision by direct drawing with ink, a method for manufacturing a fine nozzle which such fine pattern forming apparatus is equipped with, and a method for forming a fine pattern.

SOLUTION: A silicon substrate 2 which is equipped with a plurality of fine holes which penetrate through the fine pattern forming apparatus from its front surface to its rear surface and have a silicon dioxide layer 4 on their walls is provided.; Fine nozzles 5 which protrude from the rear surface of the silicon substrate through openings 3a of the fine holes integrally with the silicon dioxide layer, a silicon nitride 6 formed on the front surface 2A and the sides 2C of the silicone substrate, a supporting member 7 arranged on the front surface side of the silicon substrate, an ink flow passage 8 to supply ink to the openings of the fine holes on the front surface side of the silicon substrate, and an ink supplying apparatus 9 connected to the ink flow passage are also provided.

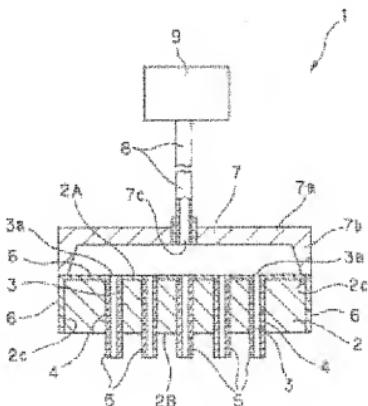


FIG.1

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-96474

(P2002-96474A)

(43)公開日 平成14年4月2日(2002.4.2)

(51)Int.Cl ¹	識別記号	F I	テマコード ² (参考)
B 4 1 J	2/135	B 0 5 B	1/14 Z 2 C 0 5 7
B 0 5 B	1/14		5/025 A 2 H 0 4 8
	5/025	B 0 5 C	5/00 1 0 1 2 H 0 9 1
B 0 5 C	5/00 1 0 1	B 0 5 D	1/04 Z 2 H 0 9 2
B 0 5 D	1/04		1/25 Z 4 D 0 7 5
		審査請求 未請求 請求項の数39	○ L (全 79 頁) 最終頁に続く
(21)出願番号	特願2001-10188(P2001-10188)	(71)出願人	000002897
(22)出願日	平成13年1月18日(2001.1.18)		大日本印刷株式会社 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(31)優先権主張番号	特願2000-220410(P2000-220410)	(72)発明者	藤田 博之 東京都豊島区千川一丁目9番14号
(32)優先日	平成12年7月21日(2000.7.21)	(72)発明者	三田 吉郎 東京都港区西麻布四丁目18番22号 三幸荘 2 D
(33)優先権主張国	日本 (JP)	(72)発明者	大東 良一 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(34)優先権主張番号	特願2000-220420(P2000-220420)	(72)発明者	大日本印刷株式会社内
(35)優先日	平成12年7月21日(2000.7.21)	(74)代理人	10005463 弁理士 米田 潤三 (外1名)
(36)優先権主張国	日本 (JP)		最終頁に続く
(37)優先権主張番号	特願2000-220421(P2000-220421)		
(38)優先日	平成12年7月21日(2000.7.21)		
(39)優先権主張国	日本 (JP)		

(54)【発明の名称】 敷経パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および敷経パターンの形成方法

(57)【要約】 (修正者)

【課題】 インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および、微細パターンの形成方法を提供する。

【解決手段】 微細パターン形成装置1を、表面から裏面に貫通し裏面に珪素酸化物層4を有する複数の微細孔3が設けられたシリコン基板2と、上記の珪素酸化物層と一体的に微細孔の開口部3aからシリコン基板裏面側2Bに突出する微細ノズル5と、シリコン基板の表面2Aおよび側面2Cに形成された珪素変化物層6と、シリコン基板の表面側に配設された支持部材7と、シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路8と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置9と、を備えたものとする。

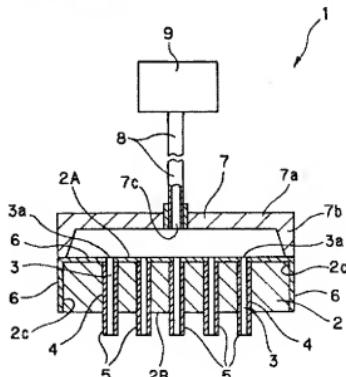


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項2】 前記微細ノズルの開口径は1～100μmの範囲内、かつ、パラソキは±1μm以下、前記微細ノズルの形成ビッチは2～1000μmの範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の微細パターン形成装置。

【請求項3】 シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有することを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項4】 前記微細ノズルの開口径は1～100μmの範囲内、かつ、パラソキは±1μm以下、前記微細ノズルの形成ビッチは4～1000μmの範囲内であることを特徴とする請求項3に記載の微細パターン形成装置。

【請求項5】 前記微細ノズルの突出長は、1.0～1.5μmの範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項6】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテープー形状開口であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項7】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状開口であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項8】 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項9】 シリコン基板の一方の面から複数突出す

る珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、

前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッティングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項10】 前記第4の工程において、前記金属パターンを除去した面からエッティングを行うことを特徴とする請求項9に記載の微細ノズルの製造方法。

【請求項11】 シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をバーニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、該金属薄膜をバーニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、

前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、

前記珪素酸化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッティングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項12】 シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をバーニングして複数のテープー用開口をもつパターンを形成

する第1の工程。

前記珪素塗化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程。

シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面の金属薄膜をバターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつ金属パターンを形成する第3の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程。

前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔の一部と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程。

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッティングにより前記珪素塗化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項1-3】シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を複数の珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素塗化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素塗化物層をバターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程。

前記珪素塗化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程。

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素塗化物層をバターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第3の工程、シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の金属薄膜をバターニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第4の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第5の工程。

前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔の一部と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第6の工程、

前記珪素塗化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素塗化物層をマスクとしてドライエッティングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項1-4】シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素塗化物層からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素塗化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素塗化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成し、他方の面の該珪素塗化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、

前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、

前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するよう形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、

広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッティングにより前記珪素塗化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項1-5】シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を複数の珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素塗化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素塗化物層をバターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素塗化物層のパターンを複数の小開口をもつ金属薄膜を形成し、次に該金属薄膜をバターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成するとともに、他方の面の金属薄膜をバターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、

前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔

を穿設する第3の工程、
前記広幅開口をもつ金属性パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、
前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、
前記珪素酸化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項1】シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通して壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端部および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項1】前記補強層は、前記微細ノズルの厚みの2倍以上であることを特徴とする請求項1に記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記補強層は、珪素酸化物およびシリコンガラスのいずれかにより形成されたものであることを特徴とする請求項1に記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記微細ノズルは、開口径が1～100μmの範囲内、形成ビッチが4～1000μmの範囲内であることを特徴とする請求項1乃至請求項1のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記微細ノズルは、突出長が10～400μmの範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至請求項1のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であることを特徴とする請求項1乃至請求項2のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であることを特徴とする請求項1乃至請求項2のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項1】各微細孔グループごとに別個の主電極を備えることを特徴とする請求項3に記載の微細パターン形成装置。

えることを特徴とする請求項1乃至請求項2のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項4】少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項2のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項5】前記撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものであることを特徴とする請求項2に記載の微細パターン形成装置。

【請求項6】シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配設された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項7】前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されていることを特徴とする請求項2に記載の微細パターン形成装置。

【請求項8】前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなることを特徴とする請求項2に記載の微細パターン形成装置。

【請求項9】前記対向電極は、ドーム形状および平板形状のいずれかであることを特徴とする請求項2乃至請求項8のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項10】前記微細孔の開口径は、1～100μmの範囲内、前記微細孔の形成ビッチは2～1000μmの範囲内であることを特徴とする請求項2乃至請求項2のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項11】前記ノズルの突出長は、10～400μmの範囲内にあることを特徴とする請求項2乃至請求項3のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項12】前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であることを特徴とする請求項2乃至請求項3のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項13】前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であることを特徴とする請求項2乃至請求項3のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項14】前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項15】各微細孔グループごとに別個の主電極を備えることを特徴とする請求項3に記載の微細パターン形成装置。

【請求項3 6】 請求項2 6乃至請求項3 5のいずれかに記載の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査せながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

【請求項3 7】 パターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成することを特徴とする請求項3 6に記載の微細パターンの形成方法。

【請求項3 8】 請求項2 6乃至請求項3 5のいずれかに記載の微細パターン形成装置とパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

【請求項3 9】 主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および印出量を制御することを特徴とする請求項3 6乃至請求項3 8のいずれかに記載の微細パターンの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は微細パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および微細パターンの形成方法に係り、特に液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス等のフラットディスプレイ製造のパターン形成やプリント配線板の導体パターン形成等に応用できる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置に用いられる微細ノズルの製造方法、および、上記のような微細パターンの形成方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 例えば、液晶ディスプレイ用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成は、フォトリソグラフィー法、印刷法、電着法等により行なわれている。これらの形成方法の中でも、精度、外観品質の点でフォトリソグラフィー法が優れている。また、プリント配線板の導体パターンの形成においても、高精度な配線が可能なフォトリソグラフィー法が用いられている。

【0 0 0 3】 フォトリソグラフィー法によるカラーフィルタの製造の一例では、スパッタリングや蒸着等で成膜されたクロム等の金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、フォトマスクを介して露光、現像によりレジストパターンを作製し、これをマスクとして金属薄膜をエッチングでパターンングすることによりブラックマトリックスが形成される。次に、着色顔料を含有する感光性レジストを塗布した後、フォトマスクを介して露光、現像す

ることによりカラーフィルタの着色層が形成される。一方、プリント配線板は、鋼めっき層上に感光性レジストのパターンを形成し、これをマスクとして鋼めっき層をエッチングすることにより導体パターンが製造される。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述のようなフォトリソグラフィー法を用いたカラーフィルタのパターン形成、導体パターン形成等の従来の微細パターン形成は工程が複雑であり、製造コストの低減に支障を来たしていた。

【0 0 0 5】 本発明は上述のような実情に鑑みてなされたものであり、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供することを目的とする。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】 このような目的を達成するため、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し裏面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一緒に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素酸化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。そして、前記微細ノズルの開口径は1～100μmの範囲内、かつ、バラツキは±1μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは2～100μmの範囲内であるような構成とした。

【0 0 0 7】 また、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し裏面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一緒に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一緒に形成された珪素酸化物端面層を有するような構成とした。そして、前記微細ノズルの開口径は1～100μmの範囲内、かつ、バラツキは±1μm以下、前記微細ノズルの形成ピッチは4～1000μmの範囲内であるような構成とした。

【0 0 0 8】 また、上述の微細パターン形成装置において、前記微細ノズルの突出長が10～150μmの範囲

内にあるような構成とした。また、上述の微細パターン形成装置において、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。さらに、前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

【0009】本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素酸化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素酸化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素酸化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有するような構成とした。そして、前記第4の工程において、前記金属パターンを除去した面からエッチングを行うような構成とした。

【0010】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一緒に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端部を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素酸化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素酸化物層上に複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素酸化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、該金属薄膜をバーニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、前記珪素酸化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

【0011】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、

シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素酸化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素酸化物層をバーニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素酸化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板の金属薄膜をバーニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつ金属パターンを形成する第3の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素酸化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

【0012】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一緒に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し表面に珪素酸化物層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素酸化物端面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素酸化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素酸化物層をバーニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素酸化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素酸化物層をバーニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第3の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成

する第6の工程、前記珪素化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素化物層をマスクとしてドライエッティングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を有するような構成とした。

【0013】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素化物層からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成し、他方の面の該珪素化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とはほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部と前記広幅凹部内に露出する部を酸化して珪素化物層を形成する第4の工程、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッティングにより前記珪素化物層の一部を除去して、前記珪素化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

【0014】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素化物層端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素化物層内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素化物層をバーニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、次に該金属薄膜をバーニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成するとともに、他方の面の金属薄膜をバーニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とはほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第3の工程、前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するよ

うに形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部と前記広幅凹部内に露出する部と前記小開口内に露出する部とを酸化して珪素化物層を形成する第5の工程、前記珪素化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素化物層をマスクとしてドライエッティングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

【0015】このような本発明では、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されたパターンが形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

【0016】また、上述のような目的を達成するためには、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素化物層を有する複数の微細孔と、該珪素化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の裏面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

【0017】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層の厚みが前記微細ノズルの厚みの2倍以上であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層が珪素化物およびシリコンガラスのいずれかにより形成されたものであるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細ノズルの開口径が1～100μmの範囲内、微細ノズルの形成ピッチが4～1000μmの範囲内であるような構成。前記微細ノズルの突出長が10～400μmの範囲内にあるような構成とした。

【0018】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板裏面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板裏面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔が2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

【0019】さらに、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側と、接水性層を備えるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記接水性層がフルオロカーボンで形成さ

れたものであるような構成とした。

【0020】このような本発明では、微細ノズルは補強層により機械的強度が高いものとされ、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

【0021】さらに、上述のような目的を達成するため、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の裏面側に設けられた主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の裏面側に設けられた支持部材と、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

【0022】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されているような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなるよう構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記対向電極がドーム形状および平板形状のいずれかであるような構成とした。

【0023】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の開口径が1～100μmの範囲内、前記微細孔の形成ピッチは2～1000μmの範囲内であるような構成とした。さらに、本発明の微細パターン形成装置は、前記ノズルの突出長が1～400μmの範囲内にあるような構成とした。

【0024】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側に広がったテーパー形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板裏面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔は2以上のグループに別個のインキ流路を備えるような構成、さらに、各微細孔グループごとに別個の主電極を備えるような構成とした。

【0025】本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査せながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出せることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成するような構成とした。

【0026】また、上記のパターンの各構成ストライプ

を、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成するような構成とした。また、本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出せることによりパターンを形成するような構成とした。そして、上述の主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御するような構成とした。

【0027】このような本発明では、供給されたインキは、主電極と対向電極間に形成される電界と供給時の低圧力とによりシリコン基板の微細孔から吐出されパターン被形成体上に付着して直接描画がなされ、電界強度とインキ供給量を変えることによりインキの吐出幅と吐出量を制御して、インキ付着量を任意に変えることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

1-1 微細パターン形成装置

(第1の実施形態) 図1は本発明の微細パターン形成装置の1実施形態を示す概略断面図である。図1において、微細パターン形成装置1は、シリコン基板2と、このシリコン基板2の裏面2B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2の表面2Aと側面2Cに形成された珪素酸化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

【0029】シリコン基板2は、表面2A側から裏面2B側に貫通する複数の微細孔3を備え、この微細孔3の表面2A側の開口部3aは、上記のシリコン基板2と支持部材7により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは200～500μm程度が好ましい。このようなシリコン基板2は、その線膨張係数が約2.6×10⁻⁴/Kと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0030】微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板2の表面2Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板2の表面2Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層4が設けられている。通常、この珪素酸化物層4の厚みは500.0～1000.0μm程度である。図示例では、シリコン基板2の厚み、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は1～100μm程度、微細孔3のアスペクト

比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で1μm程度が好ましい。

【0031】微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の内径は5～500μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向ではほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。

【0032】微細孔5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の裏面に形成された珪素酸化物層4と一緒に形成され、微細孔3に連通している。この微細孔ノズル5の厚みは5000～10000Åの範囲、開口径（内径）は1～1000μmの範囲、突出量は1.0～1.5μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細孔ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。このような微細孔ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2の裏面2B側に付着することが防止される。珪素酸化物層6は、シリコン基板2に高い電気絶縁性を付与するものであり、厚みは200～3000Åの範囲で適宜設定することができる。

【0033】支持部材7は、上述のシリコン基板2の表面2A側に配設され、シリコン基板2を保持するためのものである。図示例では、支持部材7はシリコン基板2と同じ平面形状の基部7aと、この基部7aの周縁に設けられたフランジ部7b、基部7aの中央に設けられた開口部7cからなり、フランジ部7bにてシリコン基板2の表面2A側の周辺部と周囲されている。これにより、シリコン基板2と支持部材7との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示していないが、バイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材7をシリコン基板2に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0034】この支持部材7は、その線膨張係数がシリコン基板2の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料、例えば、バイレックスガラス（商品名コーンイング#7740、線膨張係数=3.5×10⁻⁴/K）、SUS304（線膨張係数=1.7、3×10⁻⁴/K）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板2と支持部材7との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板2の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

【0035】インキ流路8は、上記の支持部材7の開口部7cに接続され、その他端はインキ供給装置9に接続

されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路8が1つ接続されているが、微細パターン形成装置1の大きさ、インキ流路の均一性等を考慮して、開口部7cを複数設け、各開口部7cにインキ流路8を接続してもよい。また、支持部材7やシリコン基板2を加工することにより、インキ流路を支持部材7および／またはシリコン基板2の内部に形成してもよい。

【0036】インキ供給装置9は特に制限ではなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置1の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0037】このような本発明の微細パターン形成装置1は、シリコン基板2の裏面の複数の微細ノズル5からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターンが形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0038】（第2の実施形態）図2は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図2に示されるように、微細パターン形成装置1は、シリコン基板1と、このシリコン基板2の裏面2B側に突出した微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板1と支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

【0039】シリコン基板1は、表面12A側から裏面12B側に貫通する複数の微細孔13を備え、この微細孔13の表面12A側の開口部13aは、上記のシリコン基板1と支持部材17とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板1の材質は、上述のシリコン基板2と同様とることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

【0040】微細孔13は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板1の表面12Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った横断面形状（シリコン基板1の表面12Aに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その裏面には珪素酸化物層14が設けられている。通常、この珪素酸化物層14の厚みは5000～10000Å程度である。図示例では、シリコン基板1の厚み、微細孔13の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔13の内径は1～1000μm程度、微細孔13のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔13の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で4μm程度が好

ましい。

【0041】微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の内径は5～500μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の内径が軸方向ではほぼ均一であり、通常、パラツキは±1μm以下となっている。

【0042】微細孔ノズル15は、シリコン基板12と一緒に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内表面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一緒に形成されている。ノズル基部15aの外径は3～150μmの範囲、ノズル基部15aの肉厚は1～25μmの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000～10000Åの範囲、微細孔ノズル15の開口径(珪素酸化物内面層15bの内径)は1～100μmの範囲、微細孔ノズル15の突出量(ノズル基部15aの高さ)は10～150μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細孔ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、パラツキは±1μm以下となっている。このような微細孔ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12の裏面12B側に付着することが防止される。

【0043】支持部材17は、上述のシリコン基板12の表面12A側に配設され、シリコン基板12を保持するためのものである。図示例では、支持部材17は、上述の支持部材7と同様に、シリコン基板12と同じ平面形状の基部17aと、この基部17aの周縁に設けられたフランジ部17b、基部17aの中央に設けられた開口部17cからなり、フランジ部17bにてシリコン基板12の表面12A側の周辺部と図着されている。これにより、シリコン基板12と支持部材17との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、バイレックスガラス(商品名)等の耐熱ガラスを介して支持部材17をシリコン基板12に図着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0044】この支持部材17の材質は、上述の支持部材7と同様に、その線膨張係数がシリコン基板12の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0045】インキ流路18は、上記の支持部材17の開口部17cに接続され、その他端はインキ供給装置19に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ

流路18が1つ接続されているが、微細パターン形成装置11の大きさ、インキ流路の均一性等を考慮して、開口部17cを複数設け、各開口部17cにインキ流路18を接続してもよい。また、支持部材17やシリコン基板12を加工することにより、インキ流路を支持部材17および/またはシリコン基板12の内部に形成してもよい。

【0046】インキ供給装置19は特に制限ではなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置11の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0047】このような本発明の微細パターン形成装置11は、シリコン基板12の裏面の複数の微細孔ノズル15からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を削除してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被成形体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細孔ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細孔ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0048】(第3の実施形態)図3は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図3に示されるように、微細パターン形成装置1'は、シリコン基板2'と、このシリコン基板2'の表面2'Aに形成されたテーパー形状の凹部3'aと、シリコン基板2'の裏面2'B側に突出した微細孔ノズル5と、シリコン基板2'の表面2'Aと裏面2'Cに形成された珪素酸化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2'を支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

【0049】シリコン基板2'は、表面2'A側の複数のテーパー形状の凹部3'aの底部から裏面2'B側に貫通する微細孔3を備え、この微細孔3の表面2'A側の開口部3aはテーパー形状の凹部3'aに露出し、テーパー形状の凹部3'aは上記のシリコン基板2'を支持部材7により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2'は、表面2'Aと裏面2'Bの結晶方位が<100>面であるシリコンの半結晶であり、厚みは200～500μm程度が好ましい。このようなシリコン基板2'は、その線膨張係数が約2.6×10⁻⁶/Kと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0050】テーパー形状の凹部3'aの裏面は、珪素酸化物層4が設けられており、通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000～10000Å程度である。凹部3'aのテーパー形状は、逆円錐形、逆四角錐形

等、いずれであってもよく、深さは5~150μm程度、最大開口径は10~2000μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部3'aの壁面は、シリコン基板2'の表面2'A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板2'の厚み、テーパー形状の凹部3'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するため簡略化してあるが、凹部3'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔3とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15μm程度が好ましい。

【0051】微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板2'の表面2'Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った横断面形状(シリコン基板2'の表面2'Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部3'aの壁面から連続するよう珪素酸化物層4が設けられている。図示例では、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は1~1000μm程度、微細孔3のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15μm程度が好ましい。

【0052】微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は5~500μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。

【0053】微細ノズル5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の壁面に形成された珪素酸化物層4と一緒に形成され、微細孔3に連通している。この微細ノズル5の厚みは5000~10000Åの範囲、開口径(内径)は1~1000μmの範囲、吐出量は10~150μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2'の裏面2'B側に付着することが防止される。尚、珪素酸化物層6、支持部材7、インキ流路8、および、インキ供給装置9は、上述の微細パターン形成装置1と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0054】このような本発明の微細パターン形成装置1'は、テーパー形状の凹部3'aを備えることにより

インキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板2'の裏面の複数の微細ノズル5からほぼ均一の吐出幅で微細かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2'の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターンが形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0055】(第4の実施形態)図4は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図4に示されるように、微細パターン形成装置1'は、シリコン基板12'と、このシリコン基板12'の表面12'Aに形成されたテーパー形状の凹部13'aと、シリコン基板12'の裏面12'B側に突出した微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板12'に支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

【0056】シリコン基板12'は、表面12'A側の複数のテーパー形状の凹部13'aの底部から裏面12'B側に貫通する微細孔13を備え、この微細孔13の裏面12'A側の開口部13aはテーパー形状の凹部13'aに露出し、テーパー形状の凹部13'aは上記のシリコン基板12'に支持部材17により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板12'は、表面12'Aと裏面12'Bの結晶方位が<100>面であるシリコンの単結晶であり、厚みは200~500μm程度が好ましい。

【0057】テーパー形状の凹部13'aの壁面は、珪素酸化物層4が設けられており、通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000~10000Å程度である。凹部13'aのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5~150μm程度、最大開口径は10~2000μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部13'aの壁面は、シリコン基板12'の表面12'A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板12'の厚み、テーパー形状の凹部13'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部13'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔13とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15μm程度が好ましい。

【0058】微細孔13は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板12'の表面12'Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った横断面形状(シリコン基板12'の表面12'Aに垂直な断面)が長方形であ

る円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 1 3'a' の壁面から連続するように珪素酸化物層 1 4 が形成されている。図示例では、微細孔 1 3 の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 1 3 の径は 1~1 0 0 μ m 程度、微細孔 1 3 のアスペクト比は 1~1 0 0 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 1' により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 5 μ m 程度が好ましい。

【0 0 5 9】微細孔 1 3 の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 1 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の径は 5~5 0 0 μ m の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 3 の径は、軸方向ではほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu$ m 以下となっている。

【0 0 6 0】微細ノズル 1 5 は、シリコン基板 1 2' と一体的に形成されたノズル基部 1 5 a と、上記の微細孔 1 3 に連通したノズル基部 1 5 a の内壁面に形成された珪素酸化物内面層 1 5 b と、ノズル基部 1 5 a の先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層 1 5 c とで構成されている。そして、珪素酸化物内面層 1 5 b と、珪素酸化物端面層 1 5 c は、微細孔 1 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 1 4 と一緒に形成されている。ノズル基部 1 5 a の外径は 3~1 5 0 μ m の範囲、ノズル基部 1 5 a の肉厚は 1~2 5 μ m の範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層 1 5 b と珪素酸化物端面層 1 5 c の厚みは 5 0 0 0~1 0 0 0 0 Å の範囲、微細ノズル 1 5 の開口径 (珪素酸化物内面層 1 5 b の内径) は 1~1 0 0 μ m の範囲、微細ノズル 1 5 の突出量 (ノズル基部 1 5 a の高さ) は 1 0~1 5 0 μ m の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル 1 5 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu$ m 以下となっている。このような微細ノズル 1 5 を設けることにより、微細孔 1 3 から出されたインキがシリコン基板 1 2' の裏面 1 2'B 側に付着することが防止される。尚、支持部材 1 7、インキ流路 1 8、および、インキ供給装置 1 9 は、上述の微細パターン形成装置 1 1 と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0 0 6 1】このような本発明の微細パターン形成装置 1 1' は、テーパー形状の凹部 1 3'a' を備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板 1 2' の裏面の複数の微細ノズル 1 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 2' の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 1 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐

出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターンが形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル 1 5 がノズル基部 1 5 a を備えるので、微細ノズル 1 5 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0 0 6 2】(第5の実施形態) 図5は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図5に示されるように、微細パターン形成装置 1" は、シリコン基板 2" と、このシリコン基板 2" の裏面 2'A に形成された多段形状の凹部 3" a と、シリコン基板 2" の裏面 2'B 側に突出した微細ノズル 5 と、シリコン基板 2" の表面 2"A と側面 2"C に形成された珪素酸化物層 6 と、支持部材 7 と、シリコン基板 2" と支持部材 7 との空隙部にインキを供給するインキ流路 8 と、このインキ流路 8 に接続されたインキ供給装置 9 とを備えている。

【0 0 6 3】シリコン基板 2" は、表面 2"A 側の複数の多段形状の凹部 3" a の底部から裏面 2'B 側に貫通する微細孔 3 と、この微細孔 3 の裏面 2'A 側の開口部 3 a は凹部 3" a に露出し、この凹部 3" a は上記のシリコン基板 2" と支持部材 7 により形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔 3 は、微細開口部である開口部 3 a と、広幅開口部である凹部 3" a とからなる 2 段の凹部開口を有することになる。

【0 0 6 4】シリコン基板 2" の材質は、上記のシリコン基板 2 と同様とすることができる、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板 2" は、凹部 3" a と微細孔 3 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ SOI (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

【0 0 6 5】凹部 3" a の壁面は、珪素酸化物層 4 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 4 の厚みは 5 0 0 0~1 0 0 0 0 Å 程度である。凹部 3" a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは 1~1 5 0 μ m 程度、開口径は 5~2 0 0 μ m 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 2" の厚み、凹部 3" a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 3" a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1" により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 3 とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 0 μ m 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 3 a と、広幅開口部である凹部 3" a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい。

【0 0 6 6】微細孔 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状 (シリコン基板 2" の表面 2'A に平行な断面) が円形、その軸方向に沿った横断面形状 (シリコン基板 2"

の表面2" Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部3" aの壁面から連続するように珪素酸化物層4が設けられている。図示例では、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は1~100μm程度、微細孔3のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。

【0067】微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の内径は5~500μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。

【0068】微細ノズル5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の壁面に形成された珪素酸化物層4と一緒に形成され、微細孔3に連通している。この微細ノズル5の厚みは5000~10000Åの範囲、開口径(内径)は1~100μmの範囲、突出量は10~150μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2"の裏面2" B側に付着する事が防止される。尚、珪素酸化物層6、支持部材7、インキ流路8、および、インキ供給装置9は、上述の微細パターン形成装置1と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0069】このような本発明の微細パターン形成装置1"は、多段形状の凹部3" aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高精度でのインキをシリコン基板2"の裏面の複数の微細ノズル5からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2"の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定する事が可能である。したがって、直接描画によりパターンを被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0070】(第6の実施形態)図6は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図6に示されるように、微細パターン形成装置1"は、シリコン基板1"と、このシリコン基板1"の表面1" Aに形成された多段形状の凹部1" aと、シリコン基板1"の裏面1" B側に突出した

微細ノズル1"と、支持部材1"と、シリコン基板1"と、支持部材1"と、の空隙部にインキを供給するインキ流路1"と、このインキ流路1"に接続されたインキ供給装置1"とを備えている。

【0071】シリコン基板1"は、表面1" A側の複数の多段形状の凹部1" aの底部から裏面1" B側に貫通する微細孔1"を備え、この微細孔1"の表面1" A側の開口部1" aは凹部1" a内に露出し、凹部1" aは上記のシリコン基板1"と支持部材1"とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔1"は、微細開口部である開口部1" aと、広幅開口部である凹部1" aとからなる2段の開口部を有することになる。

【0072】シリコン基板1"の材質は、上述のシリコン基板2と同様することができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板2"は、凹部3"と微細孔3との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI(Silicon On Insulator)ウエーハであってもよい。

【0073】凹部1" aの壁面は、珪素酸化物層1"が設けられており、通常、この珪素酸化物層1"の厚みは5000~10000Å程度である。凹部1" aの形状は、円柱形状、立方体形状、立方体形状等、いずれであってもよく、深さは1~150μm程度、開口径は5~200μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板1"の厚み、凹部1" aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部1" aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔1"とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部1" aと、広幅開口部である凹部1" aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。

【0074】微細孔1"は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板1"の表面1" Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縱断面形状(シリコン基板1"の表面1" Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部1" aの壁面から連続するように珪素酸化物層1"が設けられている。図示例では、微細孔1"の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔1"の径は1~100μm程度、微細孔1"のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔1"の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。

【0075】微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の径は5～500μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の径は軸方向ではなく一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。

【0076】微細ノズル15は、シリコン基板12”と一体的に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は3～150μmの範囲、ノズル基部15aの肉厚は1～25μmの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000～10000μmの範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は1～1000μmの範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は10～150μmの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。このような複数ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12”の裏面12”B面に付着することができる。尚、支持部材17、インキ流路18、および、インキ供給装置19は、上述の微細パターン形成装置11と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0077】このような本発明の微細パターン形成装置11”は、多段形状の凹部13”aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板12”の裏面の複数の微細ノズル15からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12”の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0078】（第7の実施形態）図7は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図8は図7に示される微細パターン形成装置の底面図である。図7および図8において、微細パターン形成装置21は、連続した3つの装置部21a、21b、21c

からなり、共通のシリコン基板22と、このシリコン基板22の裏面から突出している複数の微細ノズル25と、シリコン基板22の表面22A側に配設された3つの支持部材27と、シリコン基板22と各支持部材27との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路28と、これらのインキ流路28に接続されたインキ供給装置29a、29b、29cとを備えている。

【0079】シリコン基板22は、各装置部21a、21b、21cごとに、表面22A側から裏面22B側に貫通する複数の微細孔23を備え、この微細孔23の表面22A側の開口部23aは、シリコン基板22と各支持部材27により形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板22の材質は上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

【0080】微細孔23は、各装置部21a、21b、21cごとに所定の方向（図8の矢印A方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル25の開口部25dも同様に配置されている。すなわち、装置部21aでは、矢印A方向に沿って配置された微細孔23の列がピッチP1で複数列形成され、同様に、装置部21b、装置部21cでも、微細孔23の列がピッチP1で複数列形成されている。そして、各装置部21a、21b、21cにおける微細孔23の列は、相互にピッチP2（P1=3×P2）で位置がずれているので、微細パターン形成装置21全体としては、ピッチP2で各装置部21a、21b、21cの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔23の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔13と同様にして適宜設定できる。また、微細孔23の裏面に形成されている珪素酸化物層24も、上述の珪素酸化物層14と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層24を備えた微細孔23の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

【0081】微細ノズル25は、上述の微細ノズル15と同様の構成であり、シリコン基板22と一緒に形成されたノズル基部25aと、上記の微細孔23に連通したノズル基部25aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層25bと、ノズル基部25aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層25cとで構成されている。また、珪素酸化物内面層25bと珪素酸化物端面層25cは、微細孔23の裏面に形成された珪素酸化物層24と一体的に形成されている。このような微細ノズル25において、そのノズル基部25aの外径と肉厚、珪素酸化物内面層25bと珪素酸化物端面層25cの厚み、微細ノズル25の開口部25dの内径（珪素酸化物内面層25bの内径）、微細ノズル25の突出量（ノズル基部25aの高さ）は、上述の微細ノズル15と同様

の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル 2 5 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 μm 以下となっている。このような微細ノズル 2 5 を設けることにより、微細孔 2 3 から吐出されたインキがシリコン基板 2 2 の裏面 2 2 B 側に付着する事が防止される。

【0082】支持部材 2 7 は、上述のシリコン基板 2 2 の表面 2 2 A 側に配設され、シリコン基板 2 2 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 2 7 は、上述の支持部材 7 と同様に、シリコン基板 2 2 と同じ平面形状の基部 2 7 a と、この基部 2 7 a の周縁に設けられたフランジ部 2 7 b、基部 2 7 a の中央に設けられた開口部 2 7 c からなり、フランジ部 2 7 b にてシリコン基板 2 2 の表面 2 2 A 側に囲まれている。これにより、シリコン基板 2 2 と各支持部材 2 7 の間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、バイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材 2 7 をシリコン基板 2 2 に囲むことにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 2 7 の材質は、上述の支持部材 7 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 2 2 の線膨張係数の 1/10 倍～10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0083】インキ流路 2 8 は、上記の各支持部材 2 7 の開口部 2 7 c に接続され、他端はインキ供給装置 2 9 a、2 9 b、2 9 c に接続されている。インキ供給装置 2 9 a、2 9 b、2 9 c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 2 7 に設けられているインキ流路 2 8 は 1 つであるが、インキ流路の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 2 7 に複数の開口部 2 7 c を設け、各開口部 2 7 c にインキ流路 2 8 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 2 7 の内部に形成してもよい。

【0084】このような本発明の微細パターン形成装置 2 1 は、シリコン基板 2 2 の裏面の複数の微細ノズル 2 5 からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 2 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 2 9 a、2 9 b、2 9 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 2 1 a、2 1 b、2 1 c ごとに所望のインキで直接塗布によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置 2 9 a、2 9 b、2 9 c を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。そして、微細パターン形成装置 2 1 は、各装置部 2 1 a、2 1 b、2 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、微細ノズル 2 5 がノズル基部 2 5 a を備えるので、微細ノズル 2 5 の機械強度が高く、外部からの

衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0085】尚、微細パターン形成装置 2 1 において、図 1 に示されるような微細ノズル 5 をシリコン基板 2 2 の裏面 2 2 B 側の設けたものとしてもよい。また、微細パターン形成装置 2 1 においても、微細孔 2 3 の表面 2 2 A 側の開口部 2 3 a を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 2 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0086】（第 8 の実施形態）図 9 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 9 (A) は概略断面図、図 9 (B) は底面図である。図 9 において、微細パターン形成装置 3 1 は、シリコン基板 3 2 と、このシリコン基板 3 2 の裏面 3 2 B から突出している複数の微細ノズル 3 5 と、シリコン基板 3 2 の表面 3 2 A 側に配設された支持部材 3 7 と、シリコン基板 3 2 および支持部材 3 7 内に形成された 3 種のインキ流路 3 8 a、3 8 b、3 8 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 3 9 a、3 9 b、3 9 c を備えている。

【0087】シリコン基板 3 2 は表面 3 2 A 側から裏面 3 2 B 側に貫通する複数の微細孔 3 3 を備え、この微細孔 3 3 の表面 3 2 A 側の開口部 3 3 a は、表面 3 2 A 側に溝状に形成された 3 種のインキ流路 3 8 a、3 8 b、3 8 c 内のいずれかに露出している。シリコン基板 3 2 の材質は上述のシリコン基板 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。

【0088】微細孔 3 3 (後述する微細ノズル 3 5 の開口部 3 5 d) は所定の方向 (図 9 (B) の矢印 a 方向) に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチ P で複数形成されている。図示例では、矢印 a 方向に沿って複数の微細孔が配列された 6 本の微細孔 3 3 A、3 3 B、3 3 C、3 3 D、3 3 E、3 3 F がピッチ P で形成されている。このような微細孔 3 3 の横断面形状、継断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 3 3 の裏面に形成されている珪素酸化物層 3 4 も、上述の珪素酸化物層 1 4 と同様とすることができます。尚、図示例では、珪素酸化物層 3 4 を備えた微細孔 3 3 の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化している。

【0089】微細ノズル 3 5 は、上述の微細ノズル 1 5 と同様の構成であり、シリコン基板 3 2 と一体的に形成されたノズル基部 3 5 a と、上記の微細孔 3 3 に連通したノズル部基部 3 5 a の内壁面に形成された珪素酸化物内面層 3 5 b と、ノズル基部 3 5 a の先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層 3 5 c とで構成されている。また、珪素酸化物内面層 3 5 b と珪素酸化物端面層

3 c は、微細孔 3 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 3 4 と一体的に形成されている。このような微細ノズル 3 5において、そのノズル部 3 5 a の外径および肉厚、珪素酸化物内面層 3 5 b と珪素酸化物端面層 3 5 c の厚み、微細ノズル 3 5 の開口部 3 5 d の内径(珪素酸化物内面層 3 5 b の内径)、微細ノズル 3 5 の突出量(ノズル基部 3 5 a の高さ)は、上述の微細ノズル 1 5 と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル 3 5 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $1 \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル 3 5 を設けることにより、微細孔 3 3 から吐出されたインキがシリコン基板 3 2 の裏面 3 2 B 側に付着することが防止される。

【0 0 9 0】支持部材 3 7 は、上述のシリコン基板 3 2 の表面 3 2 A 側に配設されてシリコン基板 3 2 を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材 3 7 のシリコン基板 3 2 側にはインキ流路 3 8 c が溝状に形成されている。

【0 0 9 1】図 10 は、図 9 (A) に示されるシリコン基板 3 2 の A-A 線矢印における横断面図、図 11 は図 9 (A) に示される支持部材 3 7 の B-B 線矢印における横断面図である。図 9 (A) のおよび図 10 に示されるように、シリコン基板 3 2 には、微細孔列 3 3 A, 3 3 D の各開口部とインキ供給装置 3 9 a を接続するようになされた溝状のインキ流路 3 8 a、および、微細孔列 3 3 B, 3 3 E の各開口部とインキ供給装置 3 9 b を接続するようになされた溝状のインキ流路 3 8 b が形成されている。また、微細孔列 3 3 C, 3 3 F の各開口部上にインキ流路 3 8 c が溝状に形成されている。さらに、図 9 (A) のおよび図 11 に示されるように、支持部材 3 7 には、微細孔列 3 3 C, 3 3 F の各開口部とインキ供給装置 3 9 c を接続するようになされた溝状のインキ流路 3 8 c が形成されている。

【0 0 9 2】このような支持部材 3 7 とシリコン基板 3 2 との間に形成される 3 種のインキ流路 3 8 a, 3 8 b, 3 8 c は、図 12 に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材 3 7 の材質は、上述の支持部材 7 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 3 2 の線膨張係数の $1/10$ 倍～ 10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0 0 9 3】上述の各インキ流路 3 8 a, 3 8 b, 3 8 c の端部はインキ供給装置 3 9 a, 3 9 b, 3 9 c に接続されている。インキ供給装置 3 9 a, 3 9 b, 3 9 c には特に制限ではなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置 3 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0 0 9 4】このような本発明の微細パターン形成装置 3 1 は、シリコン基板 3 2 の裏面の複数の微細ノズル 3 5 からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 3 2 の裏面へ

のインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 3 9 a, 3 9 b, 3 9 c から別種のインキを供給することにより、各インキ流路 3 8 a, 3 8 b, 3 8 c に対応してグループ分け(微細孔列 3 3 A と 3 3 D のグループ、微細孔列 3 3 B と 3 3 E のグループ、微細孔列 3 3 C と 3 3 F のグループ)された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置 3 1 は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置 3 9 a, 3 9 b, 3 9 c を制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することができる。また、微細ノズル 3 5 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0 0 9 5】尚、微細パターン形成装置 3 1 において、

図 11 に示されるような微細ノズル 5 をシリコン基板 3 2 の裏面 3 2 B 側の設けたものとしてもよい。また、微細パターン形成装置 3 1 においても、微細孔 3 3 のインキ流路側の開口部を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 3 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0 0 9 6】(第 9 の実施形態) 図 13 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図 13 において、微細パターン形成装置 4 1 は、シリコン基板 4 2 と、このシリコン基板 4 2 の裏面から突出している複数の微細ノズルと、シリコン基板 4 2 と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図 13 では、シリコン基板 4 2 のみを示し、微細ノズル、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0 0 9 7】シリコン基板 4 2 は裏面 4 2 A 側から裏面側に貫通する複数の微細孔 4 3 を備え、この微細孔 4 3 が 1 つのパターン 4 6 をなすような位置に形成され、かつ、複数(図示例では 10 個)のパターン 4 6 がシリコン基板 4 2 に設けられている。尚、微細孔 4 3 は 1 つのパターン 4 6 においてのみ示し、他のパターン 4 6 はその輪郭のみを線録で示してある。

【0 0 9 8】シリコン基板 4 2 の材質は上述のシリコン基板 2 と同様とすることができる、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔 4 3 の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ビッチは、上述の微細孔 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 4 3 は裏面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層 4 と同様とすることができる。

【0 0 9 9】このようなシリコン基板 4 2 に裏面 4 2 B

側には、微細孔 4-3 に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル 5、あるいは、微細ノズル 1-5 と同様とすることができます。

【0100】また、シリコン基板 4-2 は、上述の支持部材 7 のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図 1-3 に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固定することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0101】このような微細パターン形成装置 4-1 は、シリコン基板 4-2 の微細孔 4-3（微細ノズル）からインキをほぼ均一な吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上に接触する程度の適量でシリコン基板 4-2 の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターン 4-6 に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0102】上記の例では、複数のパターン 4-6 が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。また、微細パターン形成装置 4-1においても、微細孔 4-3 の開口部を、上述のようなツーバー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高精度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0103】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスピアターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの螢光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

【0104】1-2. 微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

【0105】まず、図 1-4 は、上述の本発明の微細パターン形成装置 2-1 を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図 1-4において、本発明の微細パターン形成装置 2-1 のインキ供給装置 2-9a, 2-9b, 2-9c から、それぞれインキ A、インキ B、インキ C を各インキ流路 2-8 を介して供給しながら、パターン被形成体 S を微細パターン形成装置 2-1 に対して所定方向（矢印 A 方向）に走査させる。この走査方向 A は、上記の微細パターン形成装置 2-1 における微細孔の配列方向 A（図 8 参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置 2-1 のシリコン基板 2-2 とパターン被形成体 S との間隙は、0.1～5mm 程度の範囲で設定するこ

とができる。

【0106】これにより、シリコン基板 2-2 の微細ノズル 2-5 から吐出されたインキによってパターン被形成体 S 上にインキ A、インキ B、インキ C の順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチは P-2 となる。このストライプ状パターンは、1 本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されたため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくとも、パターン被形成体 S の走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔 2-3 や微細ノズル 2-5 の径の大きさを変えて吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

【0107】尚、パターン被形成体 S が可搬性を有する場合、パターン被形成体 S の裏面に、微細パターン形成装置 2-1 と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体 S にテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

【0108】次に、図 1-5 は、本発明の微細パターン形成装置 4-1 を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図 1-5において、微細パターン形成装置 4-1（図示例では、シリコン基板 4-2 のみを示す）をパターン被形成体 S の所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔 4-3（微細ノズル）を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

【0109】その後、パターン被形成体 S を矢印 A 方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体 S 上には、所望のパターン 4-6 が形成できる。尚、微細パターン形成装置 4-1 のシリコン基板 4-2 とパターン被形成体 S との間隙は、0.1～5mm 程度の範囲で設定することができる。

【0110】また、微細パターン形成装置 4-1 における複数の微細孔 4-3（微細ノズル）から構成されるパターン 4-6 を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしており、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

【0111】1-3. 微細ノズルの製造方法

次に、本発明の微細ノズルの製造方法について説明する。（第 1 の実施形態）本発明の微細ノズルの製造方法を、図 1 に示される微細パターン形成装置 1 の微細ノズル 5 を例として図 1-6 を参照して説明する。まず、第 1 の工程として、表面を洗浄したシリコン基板 2 の全面に厚み 200～3000Å 程度の珪素空化物（ $S_{1-x}N_x$ ）層 5-1 を形成する（図 1-6（A））。珪素空化物層 5-1 の形成は、低圧 CVD 法等により行うことができる。

【0112】次に、一方の面の珪素窒化物層5 1上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口をもつ金属パターン5 2を形成する(図16 (B))。この金属パターン5 2の微細開口の大きさは、後述する貫通微細孔3および貫通ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1~100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッティングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0113】次に、第2の工程として、金属パターン5 2をマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板2に貫通微細孔3を穿設する(図16 (C))。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティング等のドライエッティング、Deepエッティングによる高アスペクトエッティングにより行うことができる。本発明では、微細孔3の穿設の深さを制御する必要がないため、工程が簡便なものとなる。このことは、エッティング速度のウエハ内、ウエハ間不均一性からくる微細孔深さのばらつきが本質的に生じないということであるから、歩留まりの向上と大面積を描画する装置の製造に有効である。また、特にICP-RIEによりドライエッティングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0114】次に、第3の工程として、上記の金属パターン5 2を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔3の断面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層4が形成する(図16 (D))。

【0115】次に、第4の工程として、シリコン基板2の一方の面からドライエッティングを行う。このドライエッティングでは、珪素窒化物層5 1が除去された後、シリコン基板2の一部がエッティングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッティング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図16 (E))。

【0116】上記のドライエッティングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。また、第4の工程でドライエッティングを行うシリコン基板2の面として、上述の金属パターン5 2が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、第2

の工程におけるディープエッティングで、エッティングエンド(図の下方側)の形状は多少バラツキが生じ易いが、金属パターン5 2が形成されている面側のエッティング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル5の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル5を得ることがより容易となる。

【0117】(第2の実施形態)次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図2に示される微細パターン形成装置1 1の微細ノズル1 5を例として図1 7および図1 8を参照して説明する。

【0118】まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板1 2の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層6 1を形成し、この珪素窒化物層6 1に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層6 1をRIE(Reactive Ion Etching)(ロフセガス: CF₄またはSF₆)によりエッティングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口6 1 aをもつパターンを形成する(図1 7 (A))。珪素窒化物層6 1の形成は、上述の珪素窒化物層5 1と同様に行うことができる。また、小開口6 1 aの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3~120μmの範囲内で設定することができる。

【0119】次に、第2の工程として、上記の珪素窒化物層6 1のパターン上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッティングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口6 2 aをもつ金属パターン6 2を形成する(図1 7 (B))。この微細開口6 2 aは、上記の珪素窒化物層6 1のパターンの小開口6 1 a内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口6 2 aの大きさは、後述する貫通孔1 3および貫通ノズル5の大きさを決定するものであり、通常、開口径を1~100μmの範囲内で設定することができる。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッティングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0120】次に、第3の工程として、金属パターン6 2をマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板1 2に貫通微細孔1 3を穿設する(図1 7 (C))。この貫通微細孔1 3の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティング等のドライエッティング、Deepエッキン

グによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。本発明では、微細孔1 3の穿設の深さを制御する必要なため、工程が簡便なものとなる。また、特にIC P-R I Eによりドライエッチングを行うことによつて、貫通微細孔1 3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0 1 2 1】次に、第4の工程として、上記の金属パターン6 2を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔1 3の壁面に珪素酸化物層1 4（珪素酸化物内面層1 5 b）を、珪素酸化物層6 1の小開口6 1 a内に露出しているシリコン基板1 2に珪素酸化物層1 4（珪素酸化物端面層1 5 c）を、それぞれ厚み5 000 Å～1 0000 Å程度で形成する（図1 8（A））。

【0 1 2 2】次に、第5の工程として、珪素酸化物層6 1を除去し（図1 8（B））、珪素酸化物層6 1の小開口6 1 aが形成されていたシリコン基板1 2の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層1 4（珪素酸化物端面層1 5 c）がマスクとなってシリコン基板1 2の一部がエッチングされ、ノズル基部1 5 aがシリコン基板1 2と一体的に形成される。このノズル基部1 5 aが所定の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板1 2のエッチング側に突出した微細ノズル1 5が得られる（図1 8（C））。上記のノズル基部1 5 aの肉厚は、上記の小開口6 1 aと微細開口6 2 aとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第5の工程のドライエッチングは、珪素酸化物層6 1を除去することなく行ってもよい。

【0 1 2 3】上記のドライエッチングは、IC P-R I E（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。また、この微細ノズルの製造方法では、第3の工程におけるディープエッチングで金属パターン6 2が形成されている面側の部位（エッチング精度は極めて高い）を微細ノズル1 5の先端側に利用しているので、開口径が均一な複数の微細ノズル1 5を得ることができる。

【0 1 2 4】（第3の実施形態）本発明の微細ノズルの製造方法を、図3に示される微細パターン形成装置1'の微細ノズル5を例として図1 9および図2 0を参照して説明する。

【0 1 2 5】まず、第1の工程として、表面結晶方位<1 0 0>のシリコン基板2'の表面を洗浄し、このシリコン基板2'の全面に厚み2 000～3 000 Å程度の珪素酸化物（Si₁N_x）層5 1'を形成する。

【0 1 2 6】次に、シリコン基板2'の表面2' A側の珪素酸化物層5 1'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストバタ

ーンRをマスクとして珪素酸化物層5 1'をR I E（Reactive Ion Etching（プロセスガス：CF₄またはSF₆））によりエッチングして、テーパー用開口5 1' aをもつパターンを形成する（図1 9（A））。珪素酸化物層5 1'の形成は、上述の珪素酸化物層5 1と同様に行うことができる。この珪素酸化物層5 1'のテーパー用開口5 1' aの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部3' aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を1 0～2 000 μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0 1 2 7】次に、第2の工程として、珪素酸化物層5 1'をマスクとして、シリコン基板2'に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口5 1' aに露出しているシリコン基板2'が、結晶方位<1 1 1>面が現出するよう深い方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板2'の表面2' A側にテーパー形状の凹部3' aが形成される（図1 9（B））。

【0 1 2 8】次に、第3の工程として、レジストパターンRを除去し、シリコン基板2'の表面2' A側および裏面2' B側に金属薄膜5 2'を形成する。次いで、テーパー状凹部3' aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2' B側の金属薄膜5 2'をバターニングして微細開口5 2' aを形成する（図1 9（C））。この微細開口5 2' aは、その開口中心がシリコン基板2'を介して上記のテーパー状凹部3' aの中心（頂点）とほぼ一致するよう形成する。また、微細開口5 2' aの大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口5 2' aを1 0～1 000 μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1 000～2 000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0 1 2 9】次に、第4の工程として、金属薄膜5 2'をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2'に裏面2' B側から貫通微細孔3を穿設する（図2 0（A））。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、IC P-R I E（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、Deep pエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔3がテーパー形状凹部3' a内まで貫通したところで、シリコン基板2'の表面2' A側に形成した金属薄膜5 2'（テーパー形状凹部3' a内の金属薄膜5

2') がストッピング層として作用するので、貫通孔3の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特に I C P - R I E によりドライエッティングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0 1 3 0】次に、第5の工程として、上記の金属薄膜5 2' を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔3の壁面、および、テーパー形状凹部3' aの壁面に厚み 5 0 0 0 ～ 1 0 0 0 0 Å 程度の珪素酸化物層4を形成する(図2 (B))。

【0 1 3 1】次に、第6の工程として、テーパー形状凹部3' aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2' B側からドライエッティングを行う。このドライエッティングでは、珪素窒化物層5 1' が除去された後、シリコン基板2'の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッティングを停止することにより、シリコン基板2'のエッティング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図2 (C))。上記のドライエッティングは、I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0 1 3 2】(第4の実施形態) 次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図4に示される微細パターン形成装置1 1' の微細ノズル1 5を例として図2 1および図2 2を参照して説明する。

【0 1 3 3】まず、第1の工程として、表面結晶方位<1 0 0>のシリコン基板1 2' の表面を洗浄し、このシリコン基板1 2' の全面に厚み 2 0 0 ～ 3 0 0 0 Å 程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層6 1' を形成する。

【0 1 3 4】次に、シリコン基板1 2' の表面1 2' A側の珪素窒化物層6 1' 上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層6 1' をR I E (Reactive Ion Etching (プロセスガス: C F₄ または S F₆)) によりエッティングし、テーパー用開口6 1' aをもつパターンを形成する(図2 (A))。珪素窒化物層6 1' の形成は、上記の珪素窒化物層5 1と同様に行うことができる。この珪素窒化物層6 1' のテーパー用開口6 1' aの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部1 3' aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を1 0 ～ 2 0 0 μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0 1 3 5】次に、第2の工程として、珪素窒化物層6 1' をマスクとして、シリコン基板1 2' に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッティングを施す。このエッティングでは、テーパー用開口6 1' aに露出している

シリコン基板1 2' が、結晶方位<1 1 1>面が現出するよう深さ方向にエッティングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで(逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで) 行うことが好ましい。これにより、シリコン基板1 2' の表面1 2' A側にテーパー形状の凹部1 3' aが形成される(図2 1 (B))。

【0 1 3 6】次に、第3の工程として、テーパー形状の凹部1 3' aが形成されていないシリコン基板1 2' の裏面1 2' B側の珪素窒化物層6 1' に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成する。次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層6 1' をR I E (Reactive Ion Etching (プロセスガス: C F₄ または S F₆)) によりエッティングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口6 1' bをもつパターンを形成する(図2 1 (C))。この小開口6 1' bは、その開口中心がシリコン基板1 2' を介して上記のテーパー形状凹部1 3' aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、小開口6 1' bの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3 ～ 1 2 0 μmの範囲内で設定することができる。

【0 1 3 7】次に、第4の工程として、シリコン基板1 2' の表面1 2' A側および裏面1 2' B側に金属薄膜6 2' を形成する。次いで、テーパー形状凹部1 3' aが形成されていないシリコン基板1 2' の裏面1 2' B側の金属薄膜6 2' をパターニングして微細開口6 2' aを形成する(図2 0 (D))。この微細開口6 2' aは、上記の珪素窒化物層6 1' のパターンの小開口6 1' b内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口6 2' aの大きさは、後述する微細孔1 3および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を1 ～ 1 0 0 μmの範囲内で設定することができる。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スペッタリング法、真空蒸着法等により 1 0 0 ～ 2 0 0 0 Å 程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッティングにアルミニウムエッチャント(湿酸アルミ)を用いることができる。

【0 1 3 8】次に、第5の工程として、金属薄膜6 2' をマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板1 2' に裏面1 2' B側から貫通微細孔1 3を穿設する(図2 2 (A))。この貫通微細孔1 3の穿設は、例えば、I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッティング等のドライエッティング、Deepエッティングによる高アスペクトエッティングにより行うことができる。このディープエッティングでは、貫通微細孔1 3がテーパー形状凹部1 3' a内まで貫通したところで、シリコン基板1 2' の表面1 2' A

側に形成した金属薄膜 6 2' (テーパー形状凹部 1 3' a 内の金属薄膜 6 2') がストッピング層として作用するので、微細孔 1 3' の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特に I C P - R I E によりドライエッティングを行うことによって、貫通微細孔 1 3' の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0 1 3 9】次に、第 6 の工程として、上記の珪素酸化物バターン 6 2' を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、テーパー形状凹部 1 3' a の壁面に珪素酸化物層 1 4' を、貫通微細孔 1 3' の壁面に珪素酸化物層 1 4 (珪素酸化物内面層 1 5 b) を、珪素酸化物層 6 1' の小窓口 6 1 a 内に露出しているシリコン基板 1 2' に珪素酸化物層 1 4 (珪素酸化物端面層 1 5 c) を、それぞれ厚み 5 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å 程度で形成する (図 2 2 (B))。

【0 1 4 0】次に、第 7 の工程として、珪素酸化物層 6 1' を除去し (図 2 2 (C)) 、テーパー形状凹部 1 3' a が形成されていないシリコン基板 1 2' の裏面 1 2' B 側からドライエッティングを行う。このドライエッティングでは、上記の珪素酸化物層 1 4 (珪素酸化物端面層 1 5 c) がマスクとなってシリコン基板 1 2' の一部がエッティングされ、ノズル基部 1 5 a がシリコン基板 1 2' と一緒に形成される。このノズル基部 1 5 a が希望の長さまで形成されたところでドライエッティングを停止することにより、シリコン基板 1 2' のエッティング側に突出した微細ノズル 1 5 が得られる (図 2 2 (D))。上記のノズル基部 1 5 a の肉厚は、上記の小窓口 6 1' b と微細開口 6 2' a の半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第 7 の工程のドライエッティングは、珪素酸化物層 6 1' を除去することなく行ってもよい。

【0 1 4 1】上記のドライエッティングは、 I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0 1 4 2】(第 5 の実施形態) 本発明の微細ノズルの製造方法を、図 5 に示される微細パターン形成装置 1' の微細ノズル 5 を例として図 2 3 を参照して説明する。

【0 1 4 3】まず、第 1 の工程として、表面を洗浄したシリコン基板 2' の全面に厚み 2 0 0 ~ 3 0 0 0 Å 程度の珪素酸化物 (S i, N) 層 5 1' を形成する。次に、両面の珪素酸化物層 5 1' 上に金属薄膜 5 2' を形成し、シリコン基板 2' の裏面 2' A 側の金属薄膜 5 2' をパターニングして広幅開口 5 2' a をもつ金属バターンを形成し、シリコン基板 2' の裏面 2' B 側の金属薄膜 5 2' をパターニングして微細開口 5 2' b をもつ金属バターンを形成する (図 2 3 (A))。広幅開口 5 2' a の開口中心は、シリコン基板 2' を介して微細開口 5 2' b の開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0 1 4 4】上記の広幅開口 5 1' a の大きさ、形状

は、後述する多段形状をなす広幅凹部 3" a の開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を 5 ~ 2 0 0 μ m の範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口 5 2" b の大きさは、後述する微細孔 3 および微細ノズル 5 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を 1 ~ 1 0 0 μ m の範囲内で設定することが好ましい。

【0 1 4 5】珪素酸化物層 5 1' の形成は、上述の珪素酸化物層 5 1 と同様に行なうことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スペッタリング法、真空蒸着法等により 1 0 0 0 ~ 2 0 0 0 Å 程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント (混酸アルミ) を用いることができる。

【0 1 4 6】次に、第 2 の工程として、微細開口 5 2" b をもつ金属バターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板 2" の裏面 2" B 側から微細孔 3 を穿設する (図 2 3 (B))。この微細孔 3 の穿設は、例えば、 I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッティング等のドライエッティング、 Deep エッティングによる高アスペクトエッティングにより行なうことができる。微細孔 3 の穿設は、シリコン基板 2" を貫通しない所定の深さまで行なう。本発明では、この微細孔 3 の穿設における深さを制御を容易にするために、シリコン基板 2" として、 S O I (Silicon On Insulator) ウエハを使用することができる。 S O I ウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッティングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔 3 の穿設における深さを制御が不要となる。また、2 層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造の S O I ウエハを使用することにより、さらに複数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0 1 4 7】次に、第 3 の工程として、広幅開口 5 2" a をもつ金属バターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板 2" の裏面 2" A 側から広幅凹部 3" a を穿設する (図 2 3 (C))。この広幅凹部 3" a の穿設は、例えば、 I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッティング等のドライエッティング、 Deep エッティングによる高アスペクトエッティングにより行なうことができる。広幅凹部 3" a の穿設は、微細孔 3 の開口が広幅凹部 3" a 内に出現するまで行なう。

【0 1 4 8】次に、第 4 の工程として、上記の金属薄膜 5 2" を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔 3 の裏面、および、広幅凹部 3" a の裏面に厚み 5 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å 程度の珪素酸化物層 4 を形成する (図 2 3 (D))。

【0 1 4 9】次に、第 5 の工程として、広幅凹部 3" a が形成されていないシリコン基板 2" の裏面 2" B 側か

らドライエッティングを行う。このドライエッティングでは、珪素窒化物層5 1" が除去された後、シリコン基板2" の一部がエッティングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッティングを停止することにより、シリコン基板2" のエッティング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図2 3 (E))。

【0 1 5 0】上記のドライエッティングは、ICP-R I E (Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching) とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0 1 5 1】(第6の実施形態) 次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図6に示される微細パターン形成装置1 1" の微細ノズル5を例として図2 4および図2 5を参照して説明する。

【0 1 5 2】まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板1 2" の全面に厚み2 00 ～3 000 Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層6 1" を形成する。次に、シリコン基板1 2" の裏面1 2" B側の珪素窒化物層6 1" に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層6 1" をR E (Reactive Ion Etching (プロセスガス: CF₄またはSF₆))によりエッチング。その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口6 1" aをもつパターンを形成する(図2 4 (A))。

珪素窒化物層6 1" の形成は、上述の珪素窒化物層5 1と同様に行うことができる。また、小開口6 1" aの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3 ～1 2 0 μmの範囲内で設定することができる。

【0 1 5 3】次に、第2の工程として、上記の珪素窒化物層6 1" を構うように両面に金属薄膜6 2" を形成する。次いで、シリコン基板1 2" の裏面1 2" B側の金属薄膜層6 2" をエッティングでバターニングして、微細開口6 2" aをもつ金属パターンを形成する。また、シリコン基板1 2" の裏面1 2" A側の金属薄膜6 2" をエッティングでバターニングして、広幅開口6 2" bをもつ金属パターンを形成する(図2 4 (B))。微細開口6 2" aは、上記の珪素窒化物層6 1" のパターンの小開口6 1" a内、好ましくは中心部に位置し、広幅開口6 2" bの開口中心は、シリコン基板1 2" を介して微細開口6 2" aの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0 1 5 4】上記の微細開口6 2" aの大きさは、後述する微細孔1 3および微細ノズル1 5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1 ～1 0 0 μmの範囲内で設定することが好ましい。また、広幅開口6 1" bの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅回部1

3" aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5 ～2 0 0 μmの範囲内で設定することが好ましい。使用的する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1 0 0 0 ～2 0 0 0 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッティングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミニ)を用いることができる。

【0 1 5 5】次に、第3の工程として、微細開口6 2" aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板1 2" の裏面1 2" B側から微細孔1 3を穿設する(図2 4 (C))。この微細孔1 3の穿設は、例えば、ICP-R I E (Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッティング等のドライエッティング、Deepエッティングによる高アスペクトエッティングにより行うことができる。微細孔1 3の穿設は、シリコン基板1 2" を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔1 3の穿設における深さを制御を容易するために、シリコン基板1 2" として、SOI (Silicon On Insulator) ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造であり、酸化珪素薄膜がエッティングのストップビッグ層としての作用をなす。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0 1 5 6】次に、第4の工程として、広幅開口6 2" bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッティングによりシリコン基板1 2" の表面1 2" A側から広幅回部1 3" aを穿設する(図2 4 (D))。この広幅回部1 3" aの穿設は、例えば、ICP-R I E (Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッティング等のドライエッティング、Deepエッティングによる高アスペクトエッティングにより行うことができる。広幅回部1 3" aの穿設は、微細孔1 3の開口が広幅回部1 3" a内に出現するまで行う。

【0 1 5 7】次に、第5の工程として、上記の金属薄膜6 2" を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、広幅回部1 3" aの裏面に珪素酸化物層1 4を、微細孔1 3の裏面に珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物内面層1 5)を、珪素窒化物層6 1" の小開口6 1" a内に露出しているシリコン基板1 2" に珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物端面層1 5 c)を、それぞれ厚み5 0 0 0 ～1 0 0 0 0 Å程度で形成する(図2 5 (A))。

【0 1 5 8】次に、第6の工程として、珪素窒化物層6 1" を除去し(図2 5 (B))、珪素窒化物層6 1" の小開口6 1" aが形成されていたシリコン基板1 2" の面からドライエッティングを行う。このドライエッティングでは、上記の珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物端面層1 5 c)がマスクとなってシリコン基板1 2" の一部がエッ

チングされ、ノズル基部 1 5 a がシリコン基板 1 2" と一体的に形成される。このノズル基部 1 5 a が所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 1 2" のエッティング側に突出した微細ノズル 1 5 が得られる（図 2 5（C））。上記のノズル基部 1 5 a の肉厚は、上記の小開口 6 1" a と微細開口 6 2" a の半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第 6 の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層 6 1 を除去することなく行ってもよい。上記のドライエッチングは、ICP-R E (Inductively Coupled Plasma -Reactive Ion Etching) とすることが好ましいが、これに限られるものではない。

【0 1 5 9】II-1 微細パターン形成装置

（第 1 の実施形態）図 2 6 は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図であり、図 2 7 は図 2 6 1 に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。図 2 6 および図 2 7 において、微細パターン形成装置 1 0 1 は、シリコン基板 1 0 2 と、このシリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B 側に突出した微細ノズル 1 0 5 と、この微細ノズル 1 0 5 の先端面 1 0 5 a と外側面 1 0 5 b を少なくとも複数、さらに、シリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B に形成された補強層 1 0 6 と、支持部材 1 0 7 と、シリコン基板 1 0 2 と支持部材 1 0 7 との空隙部にインキを供給するインキ流路 1 0 8 と、このインキ流路 1 0 8 に接続されたインキ供給装置 1 0 9 を備えている。

【0 1 6 0】シリコン基板 1 0 2 は、表面 1 0 2 A 側から裏面 1 0 2 B 側に貫通する複数の微細孔 1 0 3 を備え、この微細孔 1 0 3 の表面 1 0 2 A 側の開口部 1 0 3 a は、上記のシリコン基板 1 0 2 と支持部材 1 0 7 により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 1 0 2 の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは 200 ～ 500 μm 程度が好ましい。このようなシリコン基板 1 0 2 は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-5} / \text{K}$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0 1 6 1】微細孔 1 0 3 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 1 0 2 の表面 1 0 2 A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 1 0 2 の表面 1 0 2 A に垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層 1 0 4 が設けられている。通常、この珪素酸化物層 1 0 4 の厚みは 5 0 0 0 ～ 1 0 0 0 0 Å 程度である。図示例では、シリコン基板 1 0 2 の厚み、微細孔 1 0 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 1 0 3 の開口径は 1 ～ 1 0 0 μm 程度、微細孔 1 0 3 のアスペクト比は 1 ～ 1 0 0 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 0 3 の形成数および形成ピッチは、微細

パターン形成装置 1 0 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 4 μm 程度が好ましい。

【0 1 6 2】微細孔 1 0 3 の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 1 0 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の開口径は 5 ～ 5 0 0 μm の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 0 3 の横断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B 側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

【0 1 6 3】微細ノズル 1 0 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 1 0 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 1 0 4 と一緒に形成され、微細孔 1 0 3 に連通している。この微細ノズル 1 0 5 の厚みは 5 0 0 0 ～ 1 0 0 0 0 Å の範囲、開口径は 1 ～ 1 0 0 μm の範囲、シリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B からの突出量は 1 0 ～ 1 5 μm の範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル 1 0 5 を設けることにより、微細孔 1 0 3 から吐出されたインキがシリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B 側に付着する事が防止される。

【0 1 6 4】補強層 1 0 6 は、上述の微細ノズル 1 0 5 を補強して機械的強度を向上させるものである。この補強層 1 0 6 は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層 1 0 6 は、微細ノズル 1 0 5 の先端面 1 0 5 a と外側面 1 0 5 b を覆い、さらに、内側面 1 0 5 c の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B に形成されている。この補強層 1 0 6 の厚みは上述の微細ノズル 1 0 5 の厚みの 2 倍以上、好ましくは 5 倍以上とすることができ、通常、1 ～ 5 μm の範囲で厚みを適宜設定することができる。

【0 1 6 5】また、微細ノズル 1 0 5 の内側面 1 0 5 c に形成される補強層 1 0 6 の厚みを変えることにより、微細ノズル 1 0 5 の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつ微細ノズル 1 0 5 を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、微細ノズル 1 0 5 の内側面 1 0 5 c に形成する補強層 1 0 6 の厚みを制御して、所望の開口径をもつ微細ノズル 1 0 5 を形成することができる。

【0 1 6 6】補強層 1 0 6 の形成は、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいので、立体構造を有する微細ノズル 1 0 5 の内側面 1 0 5 c への形成に有利である。

【0 1 6 7】尚、図示例では、補強層 1 0 6 は、シリコン基板 1 0 2 の裏面 1 0 2 B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 1 0

6を備えないものであってもよい。

【0168】支持部材107は、上述のシリコン基板102の表面102A側に配設され、シリコン基板102を保持するためのものである。図示例では、支持部材107はシリコン基板102と同じ平面形状の基部107aと、この基部107aの周縁に設けられたフランジ部107b、基部107aの中央に設けられた開口部107cからなり、フランジ部107bにてシリコン基板102の表面102A側の周辺部と固定されている。これにより、シリコン基板102と支持部材107との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材107をシリコン基板102に固定することにより、微細パターン形成装置の製作における後工程の作業性が向上する。

【0169】この支持部材107は、その線膨胀係数がシリコン基板102の線膨胀係数の1/100倍～10倍の範囲内の材料、例えば、バイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数=3.5×10⁻⁴/K）、SUS304（線膨張係数=1.7、3×10⁻⁴/K）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板102と支持部材107との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板102の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

【0170】インキ流路108は、上記の支持部材7の開口部107cに接続され、その他端はインキ供給装置109に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路108が1つ接続されているが、微細パターン形成装置101の大きさ、インキ流路の均一性等を考慮して、開口部107cを複数設け、各開口部107cにインキ流路108を接続してもよい。また、支持部材107やシリコン基板102を加工することにより、インキ流路を支持部材107および/またはシリコン基板102の内部に形成してもよい。

【0171】インキ供給装置109は特に制限ではなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置101の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0172】このような本発明の微細パターン形成装置101は、補強層106により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ微細ノズル105をシリコン基板102の裏面に複数備え、これらの微細ノズル105からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板102の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置109を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0173】上述の補強層106は、用いる材料により、使用的インキに対する濡れ性が良好となり、微細ノズル105から流出したインキがシリコン基板102の裏面102Bに濡れ広がり、安定したインキ吐出を妨げることがある。そこで、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも微細ノズル105の外側面105bに形成された補強層106と、シリコン基板102の裏面102Bと共に、撥水性層を備えるものとすることができる。図27には、一点鋼線で撥水性層を示してある。撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものとすることができる。フルオロカーボンとしては、炭素元素数とフッ素元素数の比率が1:1～1:2の範囲であるようなものが好ましい。この撥水性層は、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、(熱)CVD法等を用いて形成することができ、厚みは200～500Å程度とすることができる。

【0174】(第2の実施形態)図28は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図28において、微細パターン形成装置111は、シリコン基板112と、このシリコン基板112の表面112Aに形成されたテーパー形状の凹部113'aと、シリコン基板112の裏面112B側に突出した微細ノズル115と、この微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを少なくとも複数、さらには、シリコン基板112の裏面112Bに形成された補強層116と、支持部材117と、シリコン基板112と支持部材117との空隙部にインキを供給するインキ供給路118と、このインキ供給路118に接続されたインキ供給装置119とを備えている。

【0175】シリコン基板112は、表面112A側の複数のテーパー形状の凹部113'aの底部から裏面112B側に貫通する微細孔113を備え、この微細孔113の表面112A側の開口部113'aはテーパー形状の凹部113'aに露出し、テーパー形状の凹部113'aは上記のシリコン基板112と支持部材117により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板112は、表面112Aと裏面112Bの結晶方位が<100>であるシリコンの単結晶であり、厚みは200～500μm程度が好ましい。このようなシリコン基板112は、その線膨張係数が約2.6×10⁻⁴/Kと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0176】テーパー形状の凹部113'aの壁面は、珪素酸化物層114が設けられており、通常、この珪素酸化物層114の厚みは5000～10000Å程度である。凹部113'aのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5～150μm程度、最大開口径は10～200μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部113'aの壁面は、シリコン

基板112の表面112A(<100>面)に対して5°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板112の厚み、テーパー形状の凹部113'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部113'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置111により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔113とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。

【0177】微細孔113は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板112の表面112Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った横断面(シリコン基板112の表面112Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部113'aの壁面から連続するように珪素酸化物層114が設けられている。通常、図示例では、微細孔113の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔113の開口径は1~1000μm程度、微細孔113のアスペクト比は1~1000程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔113の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置111により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。

【0178】微細孔113の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔113が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5~500μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔113の横断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板112の裏面112B側が抜き台形(例えば、上記のテーパー形状の凹部113'aのテーパー角度よりも開きの小さいテーパー形状)であってもよい。

【0179】微細孔113は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔113の壁面に形成された珪素酸化物層114と一緒に形成され、微細孔113に連通している。この微細ノズル115の厚みは5000~100000Åの範囲、開口径は1~1000μmの範囲、シリコン基板112の裏面112Bからの突出量は10~150μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル115を設けることにより、微細孔113から吐出されたインキがシリコン基板112の裏面112B側に付着することが防止される。

【0180】補強層116は、上述の補強層106と同様の構成であるが、微細ノズル115を備して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層116も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例

では、補強層116は、微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを覆い、さらに、内側面115cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板112の裏面112Bに形成されている。この補強層116の厚みは、上述の補強層106と同様とができる。尚、補強層116はシリコン基板112の裏面112Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層116を備えないものであつてもよい。

【0181】尚、支持部材117、インキ流路118、および、インキ供給装置119は、上述の微細パターン形成装置101の支持部材107、インキ流路108、および、インキ供給装置109と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0182】このような本発明の微細パターン形成装置111は、テーパー形状の凹部113'aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板112の裏面の複数の微細ノズル115から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板112の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層116により微細ノズル115の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ。さらに、インキ供給装置119を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0183】尚、微細パターン形成装置111においても、上述の実施形態と同様に、液体性層を少なくとも微細ノズル115の外側面115bに形成された補強層116と、シリコン基板112の裏面112Bとに設けることができる。また、この液体性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

【0184】(第3の実施形態)図29は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図29において、微細パターン形成装置121は、シリコン基板122と、このシリコン基板122の表面122Aに形成された多段形状の凹部123'aと、シリコン基板122の裏面122B側に突出した微細ノズル1225と、この微細ノズル1225の先端面1225aと外側面1225bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板122の裏面122Bに形成された補強層1226と、支持部材1227と、シリコン基板122と支持部材1227との空隙部にインキを供給するインキ流路1228と、このインキ流路1228に接続されたインキ供給装置1229とを備えている。

【0185】シリコン基板122は、裏面122A側の複数の多段形状の凹部123'aの底部から裏面122B側に貫通する微細孔123を備え、この微細孔123の表面122A側の開口部123aは凹部123'aに

露出し、この凹部123'aは上記のシリコン基板12と支持部材127により形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔123は微細開口部である開口部123aと、広幅開口部である凹部123'aとからなる2段の凹部開口を有することになる。

【0186】シリコン基板122の材質は、上述のシリコン基板102と同様とることができ、厚みもシリコン基板102と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板122は、凹部123'aと微細孔123との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI(Silicon On Insulator)ウェーハであってもよい。

【0187】凹部123'aの壁面は、珪素酸化物層124が設けられており、通常、この珪素酸化物層124の厚みは5000.0～10000.0μm程度である。凹部123'aの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは1～150μm程度、開口径は5～200μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板122の厚み、凹部123'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部123'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置121により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔123とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部123aと、広幅開口部である凹部123'aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。行ってもよい。

【0188】微細孔123は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板122の表面122Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った横断面(シリコン基板122の表面122Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部123'aの壁面から連続するように珪素酸化物層124が設けられている。通常、図示例では、微細孔123の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔123の開口径は1～1000μm程度、微細孔123のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔123の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置121により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10μm程度が好ましい。

【0189】微細孔123の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔123が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5～500μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔

123の横断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板122の裏面122B側が長い台形(テーパー形状)であってもよい。

【0190】微細ノズル125は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔123の裏面に形成された珪素酸化物層124と一緒に形成され、微細孔123に連通している。この微細ノズル125の厚みは5000.0～10000.0Åの範囲、開口径は1～100μmの範囲、シリコン基板122の裏面122Bからの突出量は10～15μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル125を設けることにより、微細孔123から吐出されたインキがシリコン基板122の裏面122B側に付着することが防止される。

【0191】補強層126は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル125を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層126も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層126は、微細ノズル125の先端面125aと外側面125bとを覆い、さらに、内側面125cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板122の裏面122Bに形成されている。この補強層126の厚みは、上述の補強層106と同様と設定することができる。尚、補強層126はシリコン基板122の裏面122Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層126を備えないものであってもよい。

【0192】尚、支持部材127、インキ流路128、および、インキ供給装置129は、上述の微細パターン形成装置101の支持部材107、インキ流路108、および、インキ供給装置109と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0193】このような本発明の微細パターン形成装置121は、多段形状の凹部123'aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板122の裏面の複数の微細ノズル125から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板122の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層126により微細ノズル125の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもつ。また、インキ供給装置129を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0194】尚、微細パターン形成装置121においても、上述の実施形態と同様に、環水性層を少なくとも微細ノズル125の外側面125bに形成された補強層126と、シリコン基板122の裏面122Bとに設ける

ことができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

【0195】(第4の実施形態)図30は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図31は図30に示される微細パターン形成装置の底面図である。図30および図31において、微細パターン形成装置131は、連続した3つの装置部131a、131b、131cからなり、共通のシリコン基板132と、このシリコン基板132の裏面132Bから突出している複数の微細ノズル135と、この微細ノズル135の先端面135aと外側面135bとを少なくとも複数、さらに、シリコン基板132の裏面132Bに形成された補強層136と、シリコン基板132の表面132A側に配設された3つの支持部材137と、シリコン基板132と各支持部材137との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路138と、これらのインキ流路138に接続されたインキ供給装置139a、139b、139cとを備えている。

【0196】シリコン基板132は、各装置部131a、131b、131cごとに、表面132A側から裏面132B側に貫通する複数の微細孔133を備え、この微細孔133の表面132A側の開口部133aは、シリコン基板132と各支持部材137とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板132の材質は、上述のシリコン基板102と同様とすることができる。厚みもシリコン基板102と同様の範囲で設定することができる。

【0197】微細孔133は、各装置部131a、131b、131cごとに所定の方向(図31の矢印A方向)に沿って同列に複数配置するようバターンで形成されている。後述する微細ノズル135の開口部135dも同様に配置されている。すなわち、装置部131aでは、矢印A方向に沿って配置された微細孔133の列がピッチP1で複数列形成され、同様に、装置部131b、装置部131cでも、微細孔133の列がピッチP1で複数列形成されている。そして、各装置部131a、131b、131cにおける微細孔133の列は、相互にピッチP2(P1=3×P2)で位置がずれているので、微細パターン形成装置131全体としては、ピッチP2で各装置部131a、131b、131cの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔133の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔103と同様にして適宜設定できる。また、微細孔133の壁面に形成されている珪素酸化物層134も、上述の珪素酸化物層104と同様とすることができます。尚、国図示では、シリコン基板132の厚み、珪素酸化物層134を備えた微細孔133の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

【0198】微細ノズル135は、上述の微細ノズル1

05と同様の構成であり、上記の微細孔133の壁面に形成された珪素酸化物層134と一体的に形成され、微細孔133に連通している。このような微細ノズル135において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル105と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル135を設けることにより、微細孔133から吐出されたインキがシリコン基板132の裏面132B側に付着することが防止される。

【0199】補強層136は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル135を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層136も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。国図示では、補強層136は、微細ノズル135の先端面135aと外側面135bとを覆い、さらに、内側面135cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板132の裏面132Bに形成されている。この補強層136の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができます。尚、補強層136はシリコン基板132の裏面132Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層136を備えないものであってもよい。

【0200】支持部材137は、上述のシリコン基板132の表面132A側に配設され、シリコン基板132を保持するためのものである。国図示では、支持部材137は、上述の支持部材107と同様に、シリコン基板132と同じ平面形状の基部137aと、この基部137aの周縁に設けられたフランジ部137b、基部137aの中央に設けられた開口部137cからなり、フランジ部137bにてシリコン基板132の表面132A側に固定されている。これにより、シリコン基板132と各支持部材137との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、国示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材137をシリコン基板132に固定することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材137の材質は、上述の支持部材107と同様に、その線膨張係数がシリコン基板132の線膨張係数の1/100倍~10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0201】インキ流路138は、上記の各支持部材137の開口部137cに接続され、他端はインキ供給装置139a、139b、139cに接続されている。インキ供給装置139a、139b、139cは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置131の使用目的に応じて適宜選択することができます。尚、国図示では、各支持部材137に設けられているインキ流路138は1つであるが、インキ流路の均一性等を考慮して、1つの支持部材137に複数の開口部137cを設け、各開口部137cにインキ流路138を接

続してもよい。また、インキ流路を支持部材 1 3 7 の内部に形成してもよい。

【0 2 0 2】このような本発明の微細パターン形成装置 1 3 1 は、微細ノズル 1 3 5 が補強層 1 3 6 により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、これらの複数の微細ノズル 1 3 5 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 3 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c から別個のインキを供給することにより、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することができる。そして、微細パターン形成装置 1 3 1 は、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。

【0 2 0 3】尚、微細パターン形成装置 1 3 1においても、上述の実施形態と同様に、報水性層を少なくとも微細ノズル 1 3 5 の外側面 1 3 5 b に形成された補強層 1 3 6 と、シリコン基板 1 3 2 の裏面 1 3 2 b とに設けることができる。また、この報水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。また、微細パターン形成装置 1 3 1においても、微細孔 1 3 3 の表面 1 3 2 a 側の開口部 1 3 3 a を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 1 3 5 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0 2 0 4】(第5の実施形態)図 3 2 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 3 2 (A) は概略断面図、図 3 2 (B) は底面図である。図 3 2において、微細パターン形成装置 1 4 1 は、シリコン基板 1 4 2 と、このシリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B から突出している複数の微細ノズル 1 4 5 と、この微細ノズル 1 4 5 の先端面 1 4 5 a と外側面 1 4 5 b を少なくとも構成し、さらに、シリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B に形成された補強層 1 4 6 と、シリコン基板 1 4 2 の表面 1 4 2 A 側に配設された支持部材 1 4 7 と、シリコン基板 1 4 2 および支持部材 1 4 7 内に形成された3種のインキ流路 1 4 8 a, 1 4 8 b, 1 4 8 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 1 4 9 a, 1 4 9 b, 1 4 9 c を備えている。

【0 2 0 5】シリコン基板 1 4 2 は表面 1 4 2 A 側から裏面 1 4 2 B 側に貫通する複数の微細孔 1 4 3 を備え、この微細孔 1 4 3 の表面 1 4 2 A 側の開口部 1 4 3 a は、表面 1 4 2 A 側に溝状に形成された3種のインキ流路 1 4 8 a, 1 4 8 b, 1 4 8 c 内のいずれかに露出し

ている。シリコン基板 1 4 2 の材質は上述のシリコン基板 1 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 1 0 2 と同様の範囲で設定することができる。

【0 2 0 6】微細孔 1 4 3 (後述する微細ノズル 1 4 5 の開口部 1 4 5 d) は所定の方向 (図 3 2 (B) の矢印 a 方向) に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチ P で複数形成されている。図示例では、矢印 a 方向に沿って複数の微細孔が配列された6本の微細孔列 1 4 3 A, 1 4 3 B, 1 4 3 C, 1 4 3 D, 1 4 3 E, 1 4 2 F がピッチ P で形成されている。このような微細孔 1 4 3 の横断面形状、断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 1 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 1 4 3 の裏面に形成されている珪素酸化物層 1 0 4 a と同様に、上述の珪素酸化物層 1 0 4 と同様にことができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 1 4 4 を備えた微細孔 1 4 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0 2 0 7】微細ノズル 1 4 5 は、上述の微細ノズル 1 0 5 と同様の構成であり、上記の微細孔 1 4 3 の裏面に形成された珪素酸化物層 1 4 4 と一緒にして形成され、微細孔 1 4 3 に連通している。このような微細ノズル 1 4 5 において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル 1 0 5 と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル 1 4 5 を設けることにより、微細孔 1 4 3 から吐出されたインキがシリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B 側に付着するが防止される。

【0 2 0 8】補強層 1 4 6 は、上述の補強層 1 0 6 と同様の構成であり、微細ノズル 1 4 5 を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層 1 4 6 も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層 1 4 6 は、微細ノズル 1 4 5 の先端面 1 4 5 a と外側面 1 4 5 b を覆い、さらに、内側面 1 4 5 c の先端面近傍に形成されている。また、補強層 1 4 6 は、シリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B に形成されている。この補強層 1 4 6 の厚みは、上述の補強層 1 0 6 と同様とができる、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いて形成することができる。尚、補強層 1 4 6 は、シリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 1 4 6 を備えないものであってもよい。

【0 2 0 9】支持部材 1 4 7 は、上述のシリコン基板 1 4 2 の表面 1 4 2 A 側に配設されてシリコン基板 1 4 2 を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材 1 4 7 のシリコン基板 1 4 2 側にはインキ流路 1 4 8 c が溝状に形成されている。

【0 2 1 0】図 3 3 は、図 3 2 (A) に示されるシリコン基板 1 4 2 の A-A 線矢印における横断面図、図 3 4 は図 3 2 (A) に示される支持部材 1 4 7 の B-B 線矢

視における横断面図である。図32(A)および図33に示されるように、シリコン基板142には、微細孔列143A、143Dの各開口部とインキ供給装置149aとを接続するように形成された溝状のインキ流路148a、および、微細孔列143B、143Eの各口部とインキ供給装置149bとを接続するように形成された溝状のインキ流路148bとが形成されている。また、微細孔列143C、143Fの各開口部上にインキ流路148cが溝状に形成されている。さらに、図32

(A)および図34に示されるように、支持部材147には、微細孔列143C、143Fの各開口部とインキ供給装置149cとを接続するように形成された溝状のインキ流路148cが形成されている。

【0211】このような支持部材147とシリコン基板142との間に形成される3種のインキ流路148a、148b、148cは、図35に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材147の材質は、上述の支持部材140と同様に、その線膨張係数がシリコン基板142の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0212】上述の各インキ流路148a、148b、148cの端部はインキ供給装置149a、149b、149cに接続されている。インキ供給装置149a、149b、149cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置141の使用目的に応じて適宜選抲することができる。

【0213】このような本発明の微細パターン形成装置141は、補強層146により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ微細ノズル145をシリコン基板142の裏面に複数備え、これらの微細ノズル145からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板142の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置149a、149b、149cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路148a、148b、148cに対応してグループ分け(微細孔列143Aと143Dのグループ、微細孔列143Bと143Eのグループ、微細孔列143Cと143Fのグループ)された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置141は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置149a、149b、149cを制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することができる。

【0214】尚、微細パターン形成装置141においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル145の外側面145bに形成された補強層1

46と、シリコン基板142の裏面142Bとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。また、微細パターン形成装置141においても、微細孔143の表面142A側の開口部143aを、上述のようなデーター形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル145から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0215】(第6の実施形態)図36は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図36において、微細パターン形成装置151は、シリコン基板152と、このシリコン基板152の裏面から突出している複数の微細ノズルと、この微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板152の裏面に形成された補強層と、シリコン基板152と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図36では、シリコン基板152のみを示し、微細ノズル、補強層、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0216】シリコン基板152は表面152A側から裏面側に貫通する複数の微細孔153を備え、この微細孔153が3つが1つのパターンPをなすような位置に形成され、かつ、複数(図示例では10箇)のパターンPがシリコン基板152に設けられている。尚、微細孔153は1つのパターンPにおいてのみ示し、他のパターンPはその輪郭のみを縦線で示してある。

【0217】シリコン基板152の材質は上述のシリコン基板140と同様とすることができる、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔153の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔140と同様にして適宜設定できる。また、微細孔153は裏面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層140と同様とすることができる。

【0218】このようなシリコン基板152に裏面側には、微細孔153に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル105と同様とすることができる。

【0219】また、補強層は、微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆うように形成され、また、シリコン基板152の裏面に形成されてもよい。この補強層は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズルを補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。この補強層の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて形成することができる。

【0220】また、シリコン基板102は、上述の支持部材107のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部(図36に斜線で示す領域)に支持部材のフランジ部を固定することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0221】このような微細パターン形成装置151は、微細ノズルが補強層により機械的強度の高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、シリコン基板152の微細孔153(微細ノズル)からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板152の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターンPに対応した形状のパターンを被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0222】上記の例では、複数のパターンPが全て同一形状であるが、これに限りはあるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができます。

【0223】尚、微細パターン形成装置151においても、上述の実施形態と同様に、微水性層を少なくとも微細ノズルの外側面に形成された補強層と、シリコン基板152の裏面とに設けることができる。また、微細パターン形成装置151においても、微細孔153のシリコン基板裏面側の開口部を、上述の実施形態のようなテープー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0224】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラスマディスプレインの螢光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

【0225】II-2-微細パターン形成装置の製造例
次に、本発明の微細パターン形成装置の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図37および図38を参照して説明する。

【0226】まず、表面を洗浄したシリコン基板102を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1~2μm程度の珪素酸化膜102'を形成する(図37(A))。尚、珪素酸化膜102'の形成は、ウエット酸化法により行ってもよい。

【0227】次に、シリコン基板102の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成す

る(図37(B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16(一水素ニフッ化アンモニウム2.2%水溶液)を用いて珪素酸化膜102'をパターニングする(図37(C))。このパターニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング(プロセスガス:CHF₃)により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜102'は除去される。

【0228】次に、パターニングされた珪素酸化膜102'をマスクとして、シリコン基板102に所望の深さで微細孔103を穿設する(図37(D))。この微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductive Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング、ウエットエッチング、Deep RIEエッチング等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔103の穿設は、シリコン基板102を貫通しない所定の深さまで行う。

【0229】次に、レジストパターンRと珪素酸化膜102'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層104を形成する(図37(E))。

【0230】次に、支持部材7のフランジ部107bをシリコン基板102の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固定する(図38(A))。この固定は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。尚、支持部材107を固定する前に、シリコン基板102の裏面102AのみをBHF16に浸漬して珪素酸化物層4を除去してもよい。この場合、微細孔103内の珪素酸化物層104を除去しないようにすることが重要である。

【0231】次いで、シリコン基板102の外側のみをBHF16に浸漬して、この部位の珪素酸化物層104を除去してシリコン基板102の裏面を露出させ、その後、TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)によりシリコン基板102の裏面側からエッチングを行う(図38(B))。このエッチングでは、微細孔103内壁に形成されている珪素酸化物層104がTMAHに対して耐性をもつて、珪素酸化物層104からなる微細管がシリコン基板102側に突出することになる。

【0232】次いで、この珪素酸化物層104からなる微細管の先端をBHF16により溶解除去して開口させ、その後、再びTMAHによりシリコン基板102の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層104からなる微細ノズル105が形成されたところでTMAHによるエッチングを終了する(図38(C))。

【0233】次いで、補強層106を微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成す

する(図38(D))。補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。特に、プラズマCVD法は回り込み量が大きいので、微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。その後、支持部材107の開口部107cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図26に示されるような本発明の微細パターン形成装置101を作製することができる。

【0234】尚、上記のシリコン基板102の裏面側のエッチングは、TMAHを用いる他に、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。また、上記の例では、珪素酸化膜102'を形成しているが、珪素酸化膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のバーニング工程(図37(C))では、アルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0235】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図39および図40を参照して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板102の全面に厚み200~3000Å程度の珪素酸化物(Si_xN_y)層102'を形成する(図39(A))。珪素酸化物層102'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。

【0236】次に、一方の面の珪素酸化物層102'上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部をもつ金属パターン102"を形成する(図39(B))。この金属パターン102"の微細開口部の大きさは、微細ノズル103および微細ノズル105の開口径を決定するものであり、通常、微細開口部を1~100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用的金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0237】次に、金属パターン102"をマスクとしてディーフエッチャングによりシリコン基板102に貫通微細孔103を穿設する(図39(C))。この貫通微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチャング等のドライエッチャング、Deep-RIEエッチャングによる高アスペクトエッチャングにより行うことができる。

る。この方法では、微細孔103の穿設の深さを制御する必要ないため、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチャングを行うことによって、貫通微細孔103の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0238】次に、上記の金属パターン102"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔103の裏面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層104を形成する(図39(D))。

【0239】次に、珪素酸化物層102"を除去した後に、シリコン基板102の一方の面からドライエッチャングを行いう。このドライエッチャングでは、シリコン基板102の一部がエッチャングされ、貫通微細孔103内壁に形成されている珪素酸化物層104が露出する。この珪素酸化物層104が所望の長さまで露出してところでドライエッチャングを停止することにより、シリコン基板102のエッチャング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル105が得られる(図40(A))。

【0240】上記のドライエッチャングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)により行うことが好ましいが、これに限定されるものではない。また、上記のドライエッチャングを行うシリコン基板102の面として、上述の金属パターン102"が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、上記のディーフエッチャングで、エッチャングエンド(図の下方側)の形状は多少バラツキが生じるが、金属パターン102"が形成されている面側のエッチャング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル105の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル105を得ることがより容易となる。

【0241】次に、支持部材107のフランジ部107bをシリコン基板102の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固定する(図40(B))。この固定は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0242】次いで、補強層106を微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成する(図40(C))。補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。その後、支持部材107の開口部107cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図26に示されるような本発明の微細パターン形成装置101を作製することができる。

【0243】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図28に示される微細パターン形成装置111を例として図41乃至図43を参照して説明する。まず、表面結晶方位<100>のシリコン基板112の表面を

洗浄し、このシリコン基板112の全面に厚み2000～3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層112'を形成する。

【0244】次に、シリコン基板112の表面112A側の珪素窒化物層112'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光・現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層112'をR I E(Reactive Ion Etching(プロセスガス: CF₄またはSF₆))によりエッチングして、テーパー用開口112'aをもつパターンを形成する(図41)。

(A)。珪素窒化物層112'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。この珪素窒化物層112'のテーパー用開口112'aの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部113'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を10～200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0245】次に、珪素窒化物層112'をマスクとして、シリコン基板112に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口112'aに露出しているシリコン基板112が、結晶方位<111>面が現出する様に深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで(逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで)行うことが好ましい。これにより、シリコン基板112の表面112A側にテーパー形状の凹部113'aが形成される(図41(B))。

【0246】次に、レジストパターンRを除去し、シリコン基板112の表面112A側および裏面112B側に金属薄膜112"を形成する。次いで、テーパー状凹部113'aが形成されていないシリコン基板112の裏面112B側の金属薄膜112"をバーナーングして微細開口112'aを形成する(図41(C))。この微細開口112'aは、その開口中心がシリコン基板112を介して上記のテーパー状凹部113'aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、微細開口112'aの大きさは、後述する微細孔113および微細ノズル115の開口径を決定するものであり、通常、微細開口112'aを1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0247】次に、金属薄膜112"をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板112に裏面112B側から貫通微細孔113を穿設する(図42(A))。この貫通微細孔113の穿設は、例えば、I

C P - R I E(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔113がテーパー形状凹部113'a内まで貫通したところで、シリコン基板112の表面112A側に形成した金属薄膜112"(テーパー形状凹部113'a内の金属薄膜112")がストッピング層として作用するので、微細孔113の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にI C P - R I Eによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔113の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0248】次に、上記の金属薄膜112"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔113の壁面、および、テーパー形状凹部113'aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層114を形成する(図42(B))。

【0249】次に、珪素窒化物層112'を除去し、テーパー形状凹部113'aが形成されていないシリコン基板112の裏面112B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板112の一部がエッチングされ、貫通微細孔113内壁に形成されている珪素酸化物層114が露出する。この珪素酸化物層114が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板112のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル115が得られる(図42(C))。上記のドライエッチングは、I C P - R I E(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0250】次に、支持部材117のフランジ部117bをシリコン基板112の表面側(テーパー形状凹部形成側)の周辺部に固定する(図43(A))。この固定は、例えば、鴻極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0251】次いで、補強層116を微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを少なくとも複数、さらに、シリコン基板112の裏面112Bに形成する(図43(B))。補強層116の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル115の内側面115cへの形成に有利である。その後、支持部材117の開口部117cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図28に示されるような本発明の微細パターン形成装置111を作製することができる。

【0252】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図29に示される微細パターン形成装置121を例として図44および図45を参照して説明する。ま

ず、表面を洗浄したシリコン基板122の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層122'を形成する。次に、両面の珪素窒化物層122'上に金属薄膜122"を形成し、シリコン基板122の表面122A側の金属薄膜122"をバーニングして広幅開口122" aをもつ金属パターンを形成し、シリコン基板122の裏面122B側の金属薄膜122"をバーニングして微細開口122" bをもつ金属パターンを形成する(図44(A))。広幅開口122" aの開口中心は、シリコン基板122を介して微細開口122" bの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0253】上記の広幅開口122" aの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部123' aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5～200μmの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口122" bの大きさは、後述する微細孔123 aおよび微細ノズル125の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。

【0254】珪素窒化物層122'の形成は、上述の珪素窒化物層112'と同様に行なうことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミニ)を用いることができる。

【0255】次に、微細開口122" bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチャングによりシリコン基板122の裏面122B側から微細孔123を穿設する(図44(B))。この微細孔123の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチャング等のドライエッチャング、Deepエッチャングによる高アスペクトエッチャングにより行なうことができる。微細孔123の穿設は、シリコン基板122を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔123の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板122として、SOI(Silicon On Insulator)ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチャングのストップビング層としての作用をなすので、微細孔123の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0256】次に、広幅開口122" aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチャングによりシリコン基板122の表面122A側から広幅凹部123' aを

穿設する(図44(C))。この広幅凹部123' aの穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチャング等のドライエッチャング、Deepエッチャングによる高アスペクトエッチャングにより行なうことができる。広幅凹部123' aの穿設は、微細孔123の開口が広幅凹部123' a内に出現するまで行う。

【0257】次に、上記の金属薄膜122"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔123の壁面、および、広幅凹部123' aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図44(D))。

【0258】次に、珪素窒化物層122'を除去し、広幅凹部123'が形成されていないシリコン基板122の裏面122B側からドライエッチャングを行う。このドライエッチャングでは、シリコン基板122の一部がエッチャングされ、貫通微細孔123内壁に形成されている珪素酸化物層124が露出する。この珪素酸化物層124が所望の長さまで露出したところでドライエッチャングを停止することにより、シリコン基板122のエッチャング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル125が得られる(図45(A))。上記のドライエッチャングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0259】次に、支持部材127のフランジ部127bをシリコン基板122の表面側(多段形状凹部の形成側)の周辺部に固着する(図45(B))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行なうことができる。

【0260】次いで、補強層126を微細ノズル125の先端面125aと外側面125bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板122の裏面122Bに形成する(図45(C))。補強層126の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル125の内側面125cへの形成に有利である。その後、支持部材127の開口部127cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図29に示されるような本発明の微細パターン形成装置121を作製することができる。

【0261】II-3. 微細パターン形成
次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。まず、図46は、上述の本発明の微細パターン形成装置131を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図46において、本発明の微細パターン形成装置131のインキ供給装置139a、139b、139cから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路138を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン

形成装置 1 3 1 に対して所定方向 (矢印 A 方向) に走査させる。この走査方向 A は、上記の微細パターン形成装置 1 3 1 における微細孔の配列方向 A (図 3 参照) と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置 1 3 1 のシリコン基板 1 3 2 とパターン被形成体 S との間隙は、0. 1 ～ 5 mm 程度の範囲で設定することができる。

【0 2 6 2】これにより、シリコン基板 1 3 2 の微細ノズル 1 3 5 から吐出されたインキによって、パターン被形成体 S 上にインキ A、インキ B、インキ C の順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチは P 2 となる。このストライプ状パターンは、1 本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくて、パターン被形成体 S の走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔 1 3 3 や微細ノズル 1 3 5 の径の大きさを変えて (微細ノズルの内側面に形成される補強層 1 3 6 の厚みを変える場合も含む) 吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

【0 2 6 3】尚、パターン被形成体 S が可撓性を有する場合、パターン被形成体 S の裏面に、微細パターン形成装置 1 3 1 と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体 S にテンションをかけながら搬送して直接描画することができる。

【0 2 6 4】次に、図 4 7 は、本発明の微細パターン形成装置 1 5 1 を使用的微細パターン形成の一例を示す図である。図 4 7において、微細パターン形成装置 1 5 1 (図示例では、シリコン基板 1 5 2 のみを示す) をパターン被形成体 S の所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔 (微細ノズル) を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

【0 2 6 5】その後、パターン被形成体 S を矢印 A 方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行ふ。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体 S 上には、所望のパターン P が形成できる。尚、微細パターン形成装置 1 5 1 のシリコン基板 1 5 2 とパターン被形成体 S との間隙は、0. 1 ～ 5 mm 程度の範囲で設定することができる。

【0 2 6 6】また、微細パターン形成装置 3 1 における複数の微細孔 (微細ノズル) から構成されるパターン P を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

【0 2 6 7】図 1-1 微細パターン形成装置

(第 1 の実施形態) 図 4 8 は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図 4 8 において、微細パターン形成装置 2 0 1 は、シリコン基板 2 0 2 と、このシリコン基板 2 0 2 の裏面 2 0 2 B 側に所定の間隔を設けて配置された対向電極 2 0 7 と、シリコン基板 2 0 2 と支持部材 2 0 8 との空隙部にインキを供給するインキ流路 2 0 9 と、このインキ流路 2 0 9 に接続されたインキ供給装置 2 1 0 とを備えている。

【0 2 6 8】シリコン基板 2 0 2 は、裏面 2 0 2 A 側から裏面 2 0 2 B 側に貫通する複数の微細孔 2 0 3 を備え、この微細孔 2 0 3 の裏面 2 0 2 A 側の開口部 2 0 3 a は、上記のシリコン基板 2 0 2 と支持部材 2 0 8 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 2 0 2 の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは 2 0 0 ～ 5 0 0 μm 程度が好ましい。このようなシリコン基板 2 0 2 は、その線膨張係数が約 2.6×10^{-6} /K と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0 2 6 9】微細孔 2 0 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状 (シリコン基板 2 0 2 の裏面 2 0 2 A に平行な断面) が円形、その軸方向に沿った縱断面形状 (シリコン基板 2 0 2 の裏面 2 0 2 A に垂直な断面) が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層 2 0 4 が設けられている。通常、この珪素酸化物層 2 0 4 の厚みは 5 0 0 0 ～ 1 0 0 0 0 Å 程度である。図示例では、シリコン基板 2 0 2 の厚み、珪素酸化物層 2 0 4 を備えた微細孔 2 0 3 の開口径、形成数、形成ビッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 2 0 3 の開口径は 1 ～ 1 0 0 μm 程度で、微細孔 2 0 3 のアスペクト比は 1 ～ 1 0 0 度程の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 2 0 3 の形成数および F 形成ビッチは、微細パターン形成装置 2 0 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができる、形成ビッチは最小で 2 μm 程度が好ましい。

【0 2 7 0】微細孔 2 0 3 の横断面形状は、上記の円形の他に梢円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 2 0 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が梢円形、長方形の場合、長手方向の開口径は 5 ～ 5 0 0 μm の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 2 0 3 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 2 0 2 の裏面 2 0 2 B 側が狭い台形 (テーパー形状) であってもよい。

【0 2 7 1】図 4 9 は、シリコン基板 2 0 2 の裏面 2 0 2 A 側に配設された主電極 2 0 6 を説明するための支持部材 2 0 8 を取り除いた状態の平面図である。図 4 9 に示されるように、主電極 2 0 6 は、開口部 2 0 6 a を有

し、複数（図示例では5個）の微細孔203を閉むよう配設されている。主電極206は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板202側にボリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0272】対向電極207は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極207は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極206に所定の電圧が印加されたときに主電極206との間に電界を生じさせる作用をなす。この対向電極207は、例えば、ドラム形状、平板形状等とすることができる。この場合、シリコン基板202と対向電極207との間隙部、あるいは、対向電極207上にパターン被形成体を位置させて、後述するように、直接描画によりパターン形成を行うことができる。また、パターン被形成体が導電性を有する場合には、パターン被形成体に対向電極を兼ねさせておく、より細いラインを描画するには、対向電極207を接地状態とすることが好ましい。上記の対向電極207とシリコン基板202との距離は500～5000μm程度の範囲内に設定することができる。

【0273】このような対向電極207は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【0274】支持部材208は、上述のシリコン基板202の表面202A側に配設され、シリコン基板202を保持するためのものである。図示例では、支持部材208はシリコン基板202と同じ平面形状の基部208aと、この基部208aの周縁に設けられたフランジ部208b、基部208aの中央に設けられた開口部208cからなり、フランジ部208bにてシリコン基板202の表面202A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板202と支持部材208との間にインキが供給される空間（インキ供給空間）が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材208をシリコン基板202に固定することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0275】この支持部材208は、その線膨張係数がシリコン基板202の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料、例えば、バイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数=3.5×10⁻⁶/K）、SUS304（線膨張係数=1.7×10⁻⁶/K）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板202と支持部材208との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板202の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能とな

る。

【0276】インキ流路209は、上記の支持部材208の開口部208cに接続され、その他端はインキ供給装置210に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路209が1つ接続されているが、微細パターン形成装置201の大きさ、インキ流路の均一性等を考慮して、開口部208cを複数設け、各開口部208cにインキ流路209を接続してもよい。また、支持部材208やシリコン基板202を加工することにより、インキ流路を支持部材208および/またはシリコン基板202の内部に形成してもよい。

【0277】インキ供給装置210は特に制限ではなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置201の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0278】このような本発明の微細パターン形成装置201は、インキ吐出手段として、主電極206と対向電極207との間に形成される電界と、インキ供給装置210からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板202の微細孔203からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。ここで、低圧力とは、5psi以下の圧力を意味する。以下、本発明の説明において同様である。

【0279】また、主電極206と対向電極207間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔203から吐出するインキの吐出量および吐出量を制御することができる。したがって、所定の開口径をもつ微細孔203から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。さらに、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することができる、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔203から吐出するインキの吐出量および吐出量を制御することができる。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0280】（第2の実施形態）図50は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図50に示されるように、微細パターン形成装置211は、基本構造は上記の微細パターン形成装置201と同じであり、シリコン基板212の裏面212B側の微細孔213の開口部213bにノズル215が突設されたものである。このノズル215は、珪素酸化物からなり、上記の珪素酸化物層214と一体的に形成され、突出量は100～400μmの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル215を設けることにより、微細孔213から吐出されたインキがシリコン基板212の裏面212B側に付着することが防止される。

【0281】また、主電極216は、シリコン基板21

2の裏面212B側に配設することもできる。図51は、シリコン基板212の裏面212B側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。図51に示されるように、主電極216は、複数のノズル215を開むように設けられた開口部216aを有している。上記の主電極216と対向電極217との距離は50~500μm程度の範囲内で設定することができる。【0282】このような本発明の微細パターン形成装置211では、インキ吐出手段として、主電極216と対向電極217との間に形成される電界と、インキ供給装置220からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル215の被撃が防止される。

【0283】また、上述の微細パターン形成装置211では、ノズル215の機械的強度を向上させるために、補強層を設けてもよい。図52は、微細パターン形成装置211に補強層を設けた例を示す概略断面図である。図52に示されるように、補強層215'は、ノズル215の先端部と外側面とを覆い、さらに、内側面の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板212の裏面212Bに形成されている。この補強層215'の厚みは上述のノズル215の厚みの2倍以上、好ましくは5倍以上とすることができる。また、1~5μmの範囲で厚みを適宜設定することができる。この補強層215'は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。

【0284】また、ノズル215の内側面に形成される補強層215'の厚みを変えることにより、ノズル215の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつノズル215を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、ノズル215の内側面に形成する補強層215'の厚みを削除して、所望の開口径をもつノズル215を形成することができる。

【0285】補強層215'の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの底蒸法は回り込み量が大きいので、立体構造を有するノズル215の内側面への形成に有利である。尚、図示例では、補強層215'は、シリコン基板212の裏面212Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部分に補強層215'を備えないものであってもよい。

【0286】(第3の実施形態)図53は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図53において、微細パターン形成装置221は、シリコン基板222と、このシリコン基板222の裏面222Aに形成されたテーパー形状の凹部223'aと、シリコン基板222の裏面222B側に突出したノズル225と、シリコン基板222の裏面222A側に

配設された主電極226、シリコン基板222の裏面222B側に所定の間隔を設けた対向電極227と、支持部材228と、シリコン基板222と支持部材228との空隙部にインキを供給するインキ流路229と、このインキ流路229に接続されたインキ供給装置230とを備えている。

【0287】シリコン基板222は、裏面222A側の複数のテーパー形状の凹部223'aの底部から裏面222B側に貫通する微細孔223を備え、この微細孔223の裏面222A側の開口部223aに露出し、テーパー形状の凹部223'aは上記のシリコン基板222と支持部材228により形成されている空隙部に露出している。シリコン基板222は、裏面222Aと裏面222Bの結晶方位が<100>であるシリコンの単結晶であり、厚みは200~500μm程度が好ましい。このようなシリコン基板222は、その線膨張係数が約2.6×10⁻⁶/Kと低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0288】テーパー形状の凹部223'aの壁面は、珪素酸化物層224が設けられており、通常、この珪素酸化物層224の厚みは5000~10000μm程度である。凹部223'aのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5~150μm程度、最大開口径は10~200μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパー形状が逆四角錐形状の場合、凹部223'aの壁面は、シリコン基板222の裏面222A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板222の厚み、テーパー形状の凹部223'aの形成数、形成ビッチ等は、装置の構成を説明するため簡略化してあるが、凹部223'aの形成数および形成ビッチは、微細パターン形成装置221により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔223とともに適宜設定することができ、形成ビッチは最小で15μm程度が好ましい。

【0289】微細孔223は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板222の裏面222Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った縦断面(シリコン基板222の裏面222Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部223'aの壁面から連続するよう珪素酸化物層224が設けられている。通常、図示例では、微細孔223の開口径、形成数、形成ビッチ等は、装置の構成を説明するため簡略化してあるが、微細孔223の開口径は1~100μm程度、微細孔223のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔223の形成数および形成ビッチは、微細パターン形成装置221により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができる。

き、形成ピッチは最小で $1 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0290】微細孔 223 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 223 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は $5 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 223 の横断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 222 の裏面 222B 側が狭い台形（例えば、上記のテーパー形状の凹部 223'a のテーパー角度よりも開きの小さいテーパー形状）であってもよい。

【0291】ノズル 225 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 223 の壁面に形成された珪素酸化物層 224 と一緒にして形成され、微細孔 223 に通連している。このノズル 225 の厚みは $5000 \text{ Å} \sim 10000 \text{ Å}$ の範囲、開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲、シリコン基板 222 の裏面 222B からの突出量は $10 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル 225 を設けることにより、微細孔 223 から吐出されたインキがシリコン基板 222 の裏面 222B 側に付着することが防止される。

【0292】主電極 226 は、開口部を有し、複数（図示例では 5 個）のテーパー形状の凹部 223'a を囲むように配設されている。主電極 226 は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 222 側にボリミド等の電気絕縁性薄膜を介して配設することができる。

【0293】対向電極 227 は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極 227 とシリコン基板 222 との距離は $50 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極 227 は、SUS 304、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【0294】また、主電極 226 は、シリコン基板 222 の裏面 222B 側に配設することもでき、この場合、主電極 226 と対向電極 227 との距離は $50 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。尚、支持部材 228、インキ流路 229、および、インキ供給装置 230 は、上述の微細パターン形成装置 201 の支持部材 208、インキ流路 209、および、インキ供給装置 210 と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0295】このような本発明の微細パターン形成装置 221 は、テーパー形状の凹部 223'a を備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板 222 の裏面の複数のノズル 225 から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 222 の裏面へのインキ付着を防止することができる。

また、インキ吐出手段として、主電極 226 と対向電極 227 との間に形成される電界と、インキ供給装置 230 からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル 225 の被損が防止される。尚、微細パターン形成装置 221 においても、ノズル 225 に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置 201 のように、ノズルが突出しているものとしてもよい。

【0296】（第4の実施形態）図 5 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 5において、微細パターン形成装置 231 は、シリコン基板 232 と、このシリコン基板 232 の表面 232A に形成された多段形状の凹部 233'a と、シリコン基板 232 の裏面 232B 側に突出したノズル 235 と、シリコン基板 232 の表面 232A 側に配設された主電極 236、シリコン基板 232 の裏面 232B 側に所定の間隔を設けた配設された対向電極 237 と、支持部材 238 と、シリコン基板 232 と支持部材 238 との空隙部にインキを供給するインキ流路 239 と、このインキ流路 239 に接続されたインキ供給装置 240 とを備えている。

【0297】シリコン基板 232 は、表面 232A 側の複数の多段形状の凹部 233'a の底部から裏面 232B 側に貫通する微細孔 233 を備え、この微細孔 233 の裏面 232A 側の開口部 233'a は凹部 233'a に露出し、この凹部 233'a は上記のシリコン基板 232 と支持部材 238 とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔 233 は微細開口部である開口部 233'a と、広幅開口部である凹部 233'a とからなる 2 段の凹部開口を有することになる。

【0298】シリコン基板 232 の材質は、上述のシリコン基板 202 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 202 と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板 232 は、凹部 233'a と微細孔 233 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ SOI (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

【0299】凹部 233'a の裏面は、珪素酸化物層 234 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 234 の厚みは $5000 \text{ Å} \sim 10000 \text{ Å}$ 程度である。凹部 233'a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは $1 \sim 150 \mu\text{m}$ 程度、開口径は $5 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 232 の厚み、凹部 233'a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 233'a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 231 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 233 とともに適宜設定することができ、形成ビ

チは最小で $1.0 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 233-a と、広幅開口部である凹部 233'a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい、行ってもよい。

【0300】微細孔 233 は、その軸方向に垂直な横断面 (シリコン基板 232 の表面 232A に平行な断面) 形状が円形、その軸方向に沿った縦断面 (シリコン基板 232 の表面 232A に垂直な断面) 形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 233'a の壁面から連続するように珪素酸化物層 234 が設けられている。通常、図示例では、微細孔 233 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 233 の開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度、微細孔 233 のアスペクト比は $1 \sim 100$ 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 233 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 231 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で $1.0 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0301】微細孔 233 の横断面形状は、上記の円形の他に横円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 233 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が横円形、長方形の場合、長手方向の開口径は $5 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 233 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 232 の裏面 232B が楔形台形 (テーパー形状) であってもよい。

【0302】ノズル 235 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 233 の壁面に形成された珪素酸化物層 234 と一緒に形成され、微細孔 233 に連通している。このノズル 235 の厚みは $5000 \sim 10000 \text{ Å}$ の範囲、開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲、シリコン基板 232 の裏面 232B からの突出量は $10 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル 235 を設けることにより、微細孔 233 から吐出されたインキがシリコン基板 232 の裏面 232B 側に付着することができる。

【0303】主電極 236 は、開口部を有し、複数 (図示例では 5 個) の多段形状の凹部 233'a を囲むように配設されている。主電極 236 は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 232 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0304】対向電極 237 は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極 237 とシリコン基板 232 との距離は $50 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極 237 は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を

有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【0305】また、主電極 236 は、シリコン基板 232 の裏面 232B 側に配設することもでき、この場合、主電極 236 と対向電極 237 との距離は $50 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。尚、支持部材 238、インキ流路 239、および、インキ供給装置 240 は、上述の微細パターン形成装置 201 の支持部材 208、インキ流路 209、および、インキ供給装置 210 と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0306】このような本発明の微細パターン形成装置 231 は、多段形状の凹部 233'a を備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板 232 の裏面の複数のノズル 235 から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 232 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極 236 と対向電極 237 との間に形成される電界と、インキ供給装置 240 からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル 235 の破損が防止される。尚、微細パターン形成装置 231 においても、ノズル 235 に捕獲層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置 201 のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

【0307】(第5の実施形態) 図 5 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図 5 は図 5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。図 5 および図 5 において、微細パターン形成装置 241 は、連続した 3 つの装置部 241a、241b、241c からなり、共通のシリコン基板 242 と、このシリコン基板 242 の表面 242A 側に配設された 3 つの主電極 246a、246b、246c、3 つの支持部材 248 と、シリコン基板 242 の裏面 242B 側に所定の間隔を設けて配設された対向電極 247 と、シリコン基板 242 と各支持部材 248 との空隙部にインキを供給する 3 つのインキ流路 249 と、これらのインキ流路 249 に接続されたインキ供給装置 250a、250b、250c を備えている。

【0308】シリコン基板 242 は、各装置部 241a、241b、241c ごとに、裏面 242A 側から裏面 242B 側に貫通する複数の微細孔 243 を備え、この微細孔 243 の表面 242A 側の開口部 243a は、シリコン基板 242 と各支持部材 248 とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板 242 の材質は上述のシリコン基板 202 と同様とすことができる、厚みもシリコン基板 202 と同様の範囲で設定することができる。

【0309】微細孔 243 は、各装置部 241a、241b、241c ごとに、裏面 242A 側から裏面 242B 側に貫通する複数の微細孔 243 を備え、この微細孔 243 の表面 242A 側の開口部 243a は、シリコン基板 242 と各支持部材 248 とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板 242 の材質は上述のシリコン基板 202 と同様とす

1 b, 2 4 1 c ごとに所定の方向 (図 5 6 の矢印 A 方向) に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。すなわち、装置部 2 4 1 a では、矢印 A 方向に沿って配置された微細孔 2 4 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成され、同様に、装置部 2 4 1 b、装置部 2 4 1 c でも、微細孔 2 4 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成されている。そして、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c における微細孔 2 4 3 の列は、相互にピッチ P 2 (P 1 = 3 × P 2) で位置がずれているので、微細パターン形成装置 2 4 1 全体としては、ピッチ P 2 で各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c の微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔 2 4 3 の横断面形状、縱断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 2 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 1 3 の壁面に形成されている珪素酸化物層 2 4 4 も、上述の珪素酸化物層 2 0 4 と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 2 4 4 を備えた微細孔 2 4 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0 3 1 0】主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c は、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c ごとに設けられており、各主電極は、上述の主電極 2 0 6 と同様に、複数 (図示例では 5 個) の微細孔 2 4 3 を用むように配設されている。このような主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 4 2 側にボリミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0 3 1 1】対向電極 2 4 7 は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細かいインクを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 2 4 7 は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極 2 4 6 に所定の電圧 A で印加されたときに、微細孔 2 4 3 に電界を印加させる作用をなす。この対向電極 2 4 7 は、上述の微細パターン形成装置 2 0 1 の対向電極 2 0 7 と同様、必要に応じて種々の形状とすることができる。

【0 3 1 2】支持部材 2 4 8 は、上述のシリコン基板 2 4 2 の表面 2 4 2 A 側に配設され、シリコン基板 2 4 2 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 2 4 8 は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、シリコン基板 2 4 2 と同じ平面形状の基部 2 4 8 a、この基部 2 4 8 a の周縁に設けられたフランジ部 2 4 8 b、基部 2 4 8 a の中央に設けられた開口部 2 4 8 c からなり、フランジ部 2 4 8 b にてシリコン基板 2 4 2 の表面 2 4 2 A 側に固定されている。これにより、シリコン基板 2 4 2 と各支持部材 2 4 8 との間にインキが供給される空間 (インキ供給空間) が形成されている。尚、図示例ではいないが、耐熱ガラスを介して支持部材 2 4 8 をシリコン基板 2 4 2 に固定することにより、微細パターン形成

装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 2 4 8 の材質は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、その導熱係数がシリコン基板 2 4 2 の導熱係数の 1/10 倍～10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0 3 1 3】インキ流路 2 4 9 は、上記の各支持部材 2 4 8 の開口部 2 4 8 c に接続され、他端はインキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c に接続されている。インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 2 4 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 2 4 8 に設けられているインキ流路 2 4 9 は 1 つであるが、インキ流路の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 2 4 8 に複数の開口部 2 4 8 c を設け、各開口部 2 4 8 c にインキ流路 2 4 9 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 2 4 8 の内部に形成してもよい。

【0 3 1 4】このような本発明の微細パターン形成装置 2 4 1 は、インキ吐出手段として、主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c と対向電極 2 4 7 の間に形成される電界と、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板 2 4 2 の微細孔 2 4 3 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプパターンの形成に有利である。さらに、主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c と対向電極 2 4 7 間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔 2 4 3 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することができる。したがって、所定の開口径をもつ微細孔 2 4 3 から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、さらに、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔 2 4 3 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置 2 4 1 は、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c を制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

【0 3 1 5】尚、微細パターン形成装置 2 4 1 においても、図 5 0 に示されるようなノズルをシリコン基板 2 4 2 の裏面 2 4 2 B 側の微細孔 2 4 3 の開口部 2 4 3 b に

突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層 2 1 5' のような補強層を形成してもよい。

【0 3 1 6】また、微細パターン形成装置 2 4 1において、微細孔 2 4 3 の表面 2 4 2 A 側の開口部 2 4 3 a を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔 2 4 3 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0 3 1 7】(第 6 の実施形態) 図 5 7 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 5 7 (A) は概略断面図、図 5 7 (B) は底面図である。図 5 7 において、微細パターン形成装置 2 5 1 は、シリコン基板 2 5 2 と、このシリコン基板 2 5 2 の表面 2 5 2 A 側に配設された電気的に独立した 3 種の主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c と、支持部材 2 5 8 と、シリコン基板 2 5 2 の表面 2 5 2 B 側に所定の間隔を設けて配設された対向電極 2 5 7 と、シリコン基板 2 5 2 および支持部材 2 5 8 内に形成された 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 2 6 0 a, 2 6 0 b, 2 6 0 c を備えている。

【0 3 1 8】シリコン基板 2 5 2 は表面 2 5 2 A 側から裏面 2 5 2 B 側に貫通する複数の微細孔 2 5 3 を備え、この微細孔 2 5 3 の表面 2 5 2 A 側の開口部 2 5 3 a は、表面 2 5 2 A 側に溝状に形成された 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c 内のいずれかに露出している。シリコン基板 2 5 2 の材質は上述のシリコン基板 2 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 0 2 と同様の範囲で設定することができる。

【0 3 1 9】微細孔 2 5 3 は所定の方向(図 5 7 (B) の矢印 a 方向)に沿って同列に複数配置され、この列がピッチ P で複数形成されている。図示例では、矢印 a 方向に沿って複数の微細孔が配列された 6 本の微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 B, 2 5 3 C, 2 5 3 D, 2 5 3 E, 2 5 3 F がピッチ P で形成されている。このような微細孔 2 5 3 の横断面形状、絶縁断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 2 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 2 5 3 の壁面に形成されている珪素酸化物層 2 5 4 と、上述の珪素酸化物層 2 0 4 と同様とすることができます。尚、図示例では、珪素酸化物層 2 5 4 を備えた微細孔 2 5 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0 3 2 0】主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c は、各微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 B, 2 5 3 C, 2 5 3 D, 2 5 3 E, 2 5 3 F を囲むように配設されている。すなわち、微細孔列 2 5 3 A と 2 5 3 D を囲む主電極 2 5 6 a と、2 5 3 B と 2 5 3 E を囲む主電極 2 5 6 b と、2 5 3 C と 2 5 3 F を囲む主電極 2 5 6 c とからなる、電気的に独立の 3 つの主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6

c からなる。このような主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 5 2 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。尚、主電極は、電気的に独立ではない共通電極としてもよい。

【0 3 2 1】対向電極 2 5 7 は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 2 5 7 は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c に所定の電圧が印加されたときに主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c との間に電界を生じる。この対向電極 2 5 7 は、上述の微細パターン形成装置 2 0 1 の対向電極 2 0 7 と同様に、必要に応じて種々の形状とすることができます。

【0 3 2 2】支持部材 2 5 8 は、上述のシリコン基板 2 5 2 の表面 2 5 2 A 側に配設されてシリコン基板 2 5 2 を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材 2 5 8 のシリコン基板 2 5 2 側にはインキ流路 2 5 9 c が溝状に形成されている。

【0 3 2 3】図 5 8 は、図 5 7 (A) に示されるシリコン基板 2 5 2 の A-A 線矢視における横断面図。図 5 9 は図 5 7 (A) に示される支持部材 2 5 8 の B-B 線矢視における横断面図である。図 5 7 (A) および図 5 8 に示されるように、シリコン基板 2 5 2 には、微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 D の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 a とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 a、および、微細孔列 2 5 3 B, 2 5 3 E の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 b とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 b とが形成されている。また、微細孔列 2 5 3 C, 2 5 3 F の各開口部上にインキ流路 2 5 9 c が溝状に形成されている。さらに、図 5 7 (A) および図 5 9 に示されるように、支持部材 2 5 8 には、微細孔列 2 5 3 C, 2 5 3 F の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 c とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 c が形成されている。

【0 3 2 4】このような支持部材 2 5 8 とシリコン基板 2 5 2 の間に形成される 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c は、図 6 0 に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材 2 5 8 の材質は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、その線膨胀係数がシリコン基板 2 5 2 の線膨胀係数の 1/10 倍～10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0 3 2 5】上述の各インキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c の端部はインキ供給装置 2 6 0 a, 2 6 0 b, 2 6 0 c に接続されている。インキ供給装置 2 6 0 a, 2 6 0 b, 2 6 0 c には特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置 2 5 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0326】このような本発明の微細パターン形成装置251は、インキ吐出手段として、主電極256a、256b、256cと対向電極間257との間に形成される電界と、インキ供給装置260a、260b、260cからのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板252の微細孔253からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0327】尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置260a、260b、260cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路259a、259b、259cに対応してグループ分け（微細孔列253Aと253Dのグループ、微細孔列253Bと253Eのグループ、微細孔列253Cと253Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極256a、256b、256cと対向電極257間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の間隔をもつ微細孔253から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。

【0328】さらに、インキ供給装置260a、260b、260cを制御してインキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置251は、各インキごとに複数の装置を接合したもののため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。

【0329】尚、微細パターン形成装置251においても、図50に示されるようなノズルをシリコン基板252の裏面252B側の微細孔253の開口部253bに突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層215のような強補層を形成してもよい。また、微細パターン形成装置251においても、微細孔253の表面252A側の開口部253aを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高精度のインキを複数の微細孔253から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0330】（第7の実施形態）図61は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図61において、微細パターン形成装置261は、シリコン基板262と、このシリコン基板262の表面262A側に配設された主電極と、支持部材と、シリコン基板262の裏面側に所定の間隔を設けて配設された対向電極と、シリコン基板262と支持部材との空隙部にイ

ンキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図61では、シリコン基板262のみを示し、主電極、対向電極、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0331】シリコン基板262は表面262A側から裏面側に貫通する複数の微細孔263を備え、この微細孔263が1つのパターン265をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では10個）のパターン265がシリコン基板262に設けられている。尚、微細孔263は1つのパターン265においてのみ示し、他のパターン265はその輪郭のみを線図で示してある。

【0332】シリコン基板262の材質は上述のシリコン基板202と同様とすることができる、厚みもシリコン基板202と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔263の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ビッチは、上述の微細孔203と同様にして適宜設定できる。また、微細孔263は裏面に珪素酸化物層を備えるものでよく、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層204と同様とすることができる。

【0333】このようなシリコン基板262に表面262A側には、主電極が各パターン265を包むように配設されている。この場合、各パターン265を包む主電極を電気的に独立としてもよく、あるいは、共通電極としてもよい。主電極は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板262側にボリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0334】対向電極は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極に所定の電圧が印加されたときに、微細孔263に電界を印加させる作用をなす。この対向電極は、上述の微細パターン形成装置201と同様とすることができる。また、シリコン基板262は、上述の支持部材208のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図61に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固定することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0335】このような微細パターン形成装置261は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間に形成される電界と、インキ供給装置からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板262の微細孔263からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。そして、シリコン基板262の微細孔263から吐出されたインキ同士が、隣接する微細孔263から吐出されたインキ同士が、パターン被形成体上で接触する程度の適量で吐出させて直接描画することにより、パターン265に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高

い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0336】上記の例では、複数のパターン265が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができます。

【0337】尚、微細パターン形成装置261においても、図50に示されるようなノズルをシリコン基板262の裏面側の微細孔263の開口部に直設してしまよい。この場合、ノズルに上述の補強層215'のような補強層を形成してもよい。また、微細パターン形成装置261においても、微細孔263の表面262A側の開口部を、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔263から微細かつ高精度で吐出させることができる。

【0338】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパター、着色パターンの形成、プラズマディスプレイの螢光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。また、使用するインキは、電気伝導率、粘度等の物性を考慮して選択することができ、例えば、電気伝導率は 1×10^{-12} S/cm～ 1×10^{-8} S/Ω cmの範囲、粘度は0.3～50000 mPa·s (cps)の範囲にあるもののが好ましい。

【0339】III-2 微細パターン形成装置の製造例
次に、本発明の微細パターン形成装置の製造を、図50に示される微細パターン形成装置261を例として図62および図63を参考して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板212を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1～2 μm程度の珪素酸化膜212'を形成する(図62 (A))。尚、珪素酸化膜212'の形成は、ウエット酸化法により行ってもよい。

【0340】次に、シリコン基板212の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図62 (B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16 (一水素二フッ化アンモニウム2.2%水溶液)を用いて珪素酸化膜212'をパターニングする(図62 (C))。このパターニングは、RIE (Reactive Ion Etching)によるドライエッティング(プロセスガス: CHF₃)により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが剥がれていない部位の珪素酸化膜212'は除去される。

【0341】次に、パターニングされた珪素酸化膜212'をマスクとして、シリコン基板212に所望の深さ

で微細孔213を穿設する(図62 (D))。この微細孔213の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductive Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティング等のドライエッティング、および、ウエットエッティング、FIB加工、レーザ加工、放電加工等の高アスペクトエッティングにより行うことができる。微細孔213の穿設は、シリコン基板212を貫通しない所定の深さまで行う。

【0342】次に、レジストパターンRと珪素酸化膜212'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000～10000 Å程度の珪素酸化膜層214を形成する(図62 (E))。

【0343】次に、シリコン基板212の表面212A側に、微細孔213を囲むように電極216を形成する。この電極は、所定の形状の金属層をボリマード樹脂を介して囲着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜/金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。その後、支持部材218のフランジ部218bをシリコン基板212の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に囲着する(図63 (A))。この囲着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0344】次いで、シリコン基板212の外側のみをBHF16に浸漬して、この部位の珪素酸化膜層214を除去してシリコン基板212の裏面を露出させ、その後、TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム)によりシリコン基板212の裏面側からエッティングを行う(図63 (B))。このエッティングでは、微細孔213内壁に形成されている珪素酸化膜層214がTMAHに対して耐性をもつて、珪素酸化膜層214からなる微細孔がシリコン基板212側に突出することになる。

【0345】次いで、この珪素酸化膜層214からなる微細孔の先端をBHF16により溶解除去して開口させ(図63 (C))、その後、再びTMAHによりシリコン基板212の裏面側をエッティングする。そして、所定の長さの珪素酸化膜層214からなるノズル215が形成されたところをTMAHによるエッティングを終了する(図63 (D))。その後、支持部材218の開口部218cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板212の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極217を配置することにより、図50に示されるような本発明の微細パターン形成装置261を作製することができる。

【0346】尚、上記のシリコン基板212の裏面側のエッティングは、TMAHを用いる他に、RIE (Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。また、上記の例では、珪素酸化膜212'を形成してい

るが、珪素酸化膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のバーニング工程（図6 2（C））では、アルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0347】図4 8に示されるような微細パターン形成装置2 0 1は、図6 2（D）に相当する工程で、シリコン基板2 1 2を貫通するように微細孔2 1 3を穿設する、あるいは、図6 3（C）に相当する工程で、突出している珪素酸化物層2 1 4からなる微細管をフッ酸で溶解除去することにより製造することができる。

【0348】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図5 3に示される微細パターン形成装置2 2 1を例として図6 4および図6 5を参照して説明する。まず、表面結晶方位<1 0 0>のシリコン基板2 2 2の表面を洗浄し、このシリコン基板2 2 2の全面に厚み2 0 0～3 0 0 0 Å程度の珪素窒化物（ Si_3N_4 ）層2 2 2'を形成する。

【0349】次に、シリコン基板2 2 2の表面2 2 2 A側の珪素窒化物層2 2 2'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層2 2 2'をR I E（Reactive Ion Etching（プロセスガス： CF_4 または SF_6 ））によりエッチングして、テーパー用開口2 2 2' aをもつパターンを形成する（図6 4（A））。珪素窒化物層2 2 2'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。この珪素窒化物層2 2 2'のテーパー用開口2 2 2' aの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部2 2 3' aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を1 0～2 0 0 0 μmの範囲内で設定するが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0350】次に、珪素窒化物層2 2 2'をマスクとして、シリコン基板2 2 2に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口2 2 2' aに露出しているシリコン基板2 2 2が、結晶方位<1 1 1>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行なうことが好ましい。これにより、シリコン基板2 2 2の表面2 2 2 A側にテーパー形状の凹部2 2 3' aが形成される（図6 4（B））。

【0351】次に、レジストパターンRを除去し、シリコン基板2 2 2の表面2 2 2 A側および裏面2 2 2 B側に金属薄膜2 2 2"を形成する。次いで、テーパー形状凹部2 2 3' aが形成されていないシリコン基板2 2 2の裏面2 2 2 B側の金属薄膜2 2 2"をバーニングして微細開口2 2 2' aを形成する（図6 4（C））。この微細開口2 2 2' aは、その開口中心がシリコン基板2

2 2を介して上記のテーパー形状凹部2 2 3' aの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口2 2 2' aの大きさは、後述する微細孔2 2 3および微細ノズル2 2 5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口2 2 2' aを1～1 0 0 μmの範囲内で設定することが好ましい。使用的する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1 0 0 0 0～2 0 0 0 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチャント（アルミニウムエッチャント（混酸アルミ））を用いることができる。

【0352】次に、金属薄膜2 2 2"をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2 2 2に裏面2 2 2 B側から貫通微細孔2 2 3を穿設する（図6 4（D））。この貫通微細孔2 2 3の穿設は、例えば、ICP-R I E（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチャング等のドライエッチャング、Deep Etchingによる高アスペクトエッチャングにより行なうことができる。このディープエッチャングでは、貫通微細孔2 2 3がテーパー形状凹部2 2 3' a内まで貫通したところで、シリコン基板2 2 2の表面2 2 2 A側に形成した金属薄膜2 2 2"（テーパー形状凹部2 2 3' a内の金属薄膜2 2 2"）がストッピング層として作用するので、微細孔2 2 3の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-R I Eによりドライエッチャングを行うことによって、貫通微細孔2 2 3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0353】次に、上記の金属薄膜2 2 2"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔2 2 3の壁面、および、テーパー形状凹部2 2 3' aの壁面に厚み5 0 0 0 ～1 0 0 0 0 Å程度の珪素酸化物層2 2 4を形成する（図6 5（A））。

【0354】次に、珪素酸化物層2 2 2'を除去し、テーパー形状凹部2 2 3' aが形成されていないシリコン基板2 2 2の裏面2 2 2 B側からドライエッチャングを行う。このドライエッチャングでは、シリコン基板2 2 2の一部がエッチングされ、貫通微細孔2 2 3内壁に形成されている珪素酸化物層2 2 4が露出する。この珪素酸化物層2 2 4が所望の長さまで露出したところでドライエッチャングを停止することにより、シリコン基板2 2 2のエッチャング側に突出した珪素酸化物からなるノズル2 2 5が得られる（図6 5（B））。上記のドライエッチャングは、ICP-R I E（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0355】次に、シリコン基板2 2 2の表面2 2 2 A側に、テーパー形状凹部2 2 3' aを覆むように主電極2 2 6を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固定する方法、スパッタリ

グ法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

【0356】次いで、支持部材228のフランジ部228bをシリコン基板222の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固定する(図65(C))。この固定は、例えば、電極接着エポキシ接着剤等により行うことができる。その後、支持部材228の開口部228cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板222の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極227を配置することにより、図53に示されるような本発明の微細パターン形成装置221を作製することができる。

【0357】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図54に示される微細パターン形成装置231を例として図66および図67を参照して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板232の全面に厚み200～3000Å程度の珪素化物(Si_{1-x}N_x)層232'を形成する。次に、両面の珪素化物層232'上に金属薄膜232"を形成し、シリコン基板232の裏面232A側の金属薄膜232"をパターニングして広幅開口232'aをもつ金属パターンを形成し、シリコン基板232の裏面232B側の金属薄膜232"をパターニングして微細開口232'bをもつ金属パターンを形成する(図66(A))。広幅開口232'aの開口中心は、シリコン基板232を介して微細開口232'bの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0358】上記の広幅開口232'aの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅回部233'aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5～200μmの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口232'bの大きさは、後述する微細孔233および微細孔ノズル235の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。

【0359】珪素化物層232'の形成は、上述の珪素化物層222'と同様に行うことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチャングにアルミニウムエッチャント(湿酸アルミ)を用いることができる。

【0360】次に、微細開口232'bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチャングによりシリコン基板232の裏面232B側から微細孔233を穿設する(図66(B))。この微細孔233の穿設は、例えば、ICP-RIE(inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチャング等のドライエッチャング、Deepエッチャングによる高アスペクトエッチャングにより行うことができる。微細孔233の穿設は、シリコン基板232を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔233の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板232として、SOI(Silicon On Insulator)ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチャングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔233の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで扶持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0361】次に、広幅開口232'aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチャングによりシリコン基板232の裏面232A側から広幅回部233'aを穿設する(図66(C))。この広幅回部233'aの穿設は、例えば、ICP-RIE(inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチャング等のドライエッチャング、Deepエッチャングによる高アスペクトエッチャングにより行うことができる。広幅回部233'aの穿設は、微細孔233の開口が広幅回部233'a内に出現するまで行う。次に、上記の金属薄膜232"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔233の焼燈、および、広幅回部233'aの裏面に厚み500～10000Å程度の珪素酸化物層234を形成する(図67(A))。

【0362】次に、珪素酸化物層234'を除去し、広幅回部233'aが形成されていないシリコン基板232の裏面232B側からドライエッチャングを行う。このドライエッチャングでは、シリコン基板232の一部がエッチャングされ、貫通微細孔233内壁に形成されている珪素酸化物層234が露出する。この珪素酸化物層234が所望の長さまで露出したところでドライエッチャングを停止することにより、シリコン基板232のエッチャング側に突出した珪素酸化物からなるノズル235が得られる(図67(B))。上記のドライエッチャングは、ICP-RIE(inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0363】次に、シリコン基板232の裏面232A側に、回部233'aを開口のように主電極236を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をボリミド樹脂を介して固定する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜

を形成する方法等により形成することができる。

【0364】次いで、支持部材238のフランジ部238bをシリコン基板232の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固定する（図67（C））。この固定は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材238の開口部238cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板232の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極237を配置することにより、図54に示されるような本発明の微細パターン形成装置231を作製することができる。

【0365】II-3. 微細パターン形成方法

（第1の実施形態）図68は、上述の本発明の微細パターン形成装置241を用いた本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を説明する図である。図68において、本発明の微細パターン形成装置241の主電極246a、246b、246cに所定の電圧を印加した状態で、インキ供給装置250a、250b、250cから、それそれインキA、インキB、インキCを各インキ流路249を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン形成装置241に対して所定方向（矢印A方向）に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置241における微細孔の配列方向A（図56参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置241のシリコン基板242とパターン被形成体Sとの間隙は、5.0～50.0μm程度の範囲で設定することができる。

【0366】尚、図示例では、パターン被形成体Sは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極247を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体とすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を設置するための基板等を接地された対向電極247とする。対向電極247は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

【0367】これにより、シリコン基板242の微細孔243から吐出されたインキによって、パターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細孔から吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細孔からの吐出量が少なくとも、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔243の径の大きさ、あるいは、主電極246a、246b、246cと対向電極247間に形成される電界強度を変えて微細孔243から吐出するインキの吐出量を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィー法に比べて工程が簡便である。

【0368】尚、パターン被形成体Sが可搬性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置241と対向するようにバックアッププローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。また、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極247上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

【0369】（第2の実施形態）図69は、本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を説明するための図であり、本発明の微細パターン形成装置261を使用した例である。図69において、微細パターン形成装置261（図示例では、シリコン基板262のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、主電極に所定の電圧を印加した状態で、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔263を介してパターン被形成体S上に吐出させることによりパターンを形成する。尚、図示例では、パターン被形成体Sは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体Sとすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等が接地された対向電極とされる。対向電極は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

【0370】その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターン265が形成できる。尚、微細パターン形成装置261のシリコン基板262とパターン被形成体Sとの間隙は、5.0～50.0μm程度の範囲で設定することができる。

【0371】また、微細パターン形成装置261における複数の微細孔263から構成されるパターン265を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。この場合、主電極は、上述の図49、図51に示した棒形状の電極とし、この対向電極の下方にプリント配線板を位置させてパターン形成を行うことができる。尚、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

【0372】

【実施例】次に、実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

【0373】【実施例I-1】

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚

み 200 μm、片面研磨、結晶方位 <100>、線膨張係数 = 2、 $6 \times 10^{-5}/K$ を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素塗化物層を 0.1 μm の厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素塗化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を 0.2 μm の厚みで形成した。

【0374】次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 20 μm の円形開口）が 120 μm のピッチで同一直線上に 4×2 倍形成された金属パターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0375】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるドライエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径 20 μm）を穿設した。（以上、第2の工程）

【0376】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素 = 1 : 1）により削除除去し、シリコン基板を下記の条件で熱融解炉内で熱化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み 5000 Å～10000 Å 程度の珪素塗化物層を形成した。（以上、第3の工程）

（熱融解条件）

- ・ 加熱温度 : 1050°C
- ・ 水素ガス供給量 : 1 s l m
- ・ 酸素ガス供給量 : 1 s l m
- ・ 加熱時間 : 約 1.5 時間

【0377】次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面から ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行い、珪素塗化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されていてる珪素塗化物層が長さ 100 μm 露出したところでドライエッチングを停止した。（以上、第4の工程）

【0378】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に通じる珪素塗化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 1.9 μm、そのバラツキが ±1 μm、形成ピッチ 120 μm であり、極めて精度の高いものであった。

【0379】微細ノズルの強度測定

微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage 社製の万能型ボンドテスター PC-2400 を用い、シエアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約 5 μm に保って水平方向から速度 6 mm/分で 3 本の微細ノズルに

同時に衝突させて破裂し、このときの強度を測定したところ、0.16 g / 1 本であった。

【0380】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素塗化物層上に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製 1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0381】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモダイク CR-70001）を充填した。このインキの粘度は 2.0 mPa·s であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100 mm × 100 mm）を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を 5.0 mm/秒の一定速度で走査せながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が 2.5 ± 1 μm、線ピッチが 2.5 ± 1 μm であり、極めて精度の高いものであった。

【0382】【実例 1-2】

微細ノズルの製造

表面を RCA 洗浄したシリコン基板（直径 3 インチ、厚み 200 μm、片面研磨、結晶方位 <100>、線膨張係数 = 2、 $6 \times 10^{-5}/K$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素塗化物層を 0.1 μm の厚みで形成した。

【0383】次いで、珪素塗化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとして RIE (Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行い、小開口（直径 30 μm の円形開口）が 120 μm のピッチで同一直線上に 4×2 倍形成されたパターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0384】次に、上記の珪素塗化物層のパターン上に、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を 0.2 μm の厚みで形成した。このアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 20 μm の円形開口）が上記の小開口の中心に

位置する金属パターンを形成した。(以上、第2の工程)

【0385】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔(直径 $20\mu\text{m}$)を穿設した。(以上、第3の工程)

【0386】次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸:過酸化水素水 = 1:1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で熱酸化することにより、貫通微細孔の表面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み $5000\text{~}10000\text{~}\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第4の工程)

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100°C
- ・酸素ガス供給量 : $1\text{~L}/\text{min}$
- ・加熱時間 : 約5時間

【0387】次に、珪素窒化物層パターンの小開口が形成されていたシリコン基板の面から I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが $100\mu\text{m}$ に達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第5の工程)

【0388】上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物内面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、そのバランシギヤ士 $1\mu\text{m}$ 、形成ビッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差 ($5\mu\text{m}$) として得られた。

【0389】微細ノズルの強度測定

実施例1と同様にして、微細ノズルの強度を測定したところ、 $0.6\text{~}6.8\text{~g}/\text{1本}$ であった。この結果と、上述の実施例1の結果から、微細ノズルがノズル基部を備えることにより、強度が大幅に向上(約4.3倍)することが確認された。

【0390】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったボリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面(微細ノズルの非形成面)の周辺部上に接着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置(EFD(株)製1500XL)を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0391】【微細パターンの形成】インキ供給装置にインキ(富士フィルムオーリン(株)製カラーモザイクCR-7001)を充填した。このインキの粘度は $2.0\text{~mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板($100\text{~mm}\times 100\text{~mm}$)を準備した。

【0392】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{~mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $2.5\pm 1\mu\text{m}$ 、線ピッチが $2.5\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0393】【実施例1-3】

微細ノズルの製造

表面を RCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $<100>$ 、線膨張係数 = $2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0394】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとして RIE (Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口(1辺が $70\mu\text{m}$ の正方形の開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

(以上、第1の工程)

【0395】次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70\text{~}80^\circ\text{C}$ に保った33体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ $50\mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して 5° をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。(以上、第2の工程)

【0396】次に、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャン(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口(直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心

は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。（以上、第3の工程）

【0397】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティングによるディープエッティングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径20μm）を穿設した。このディープエッティングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。（以上、第4の工程）

【0398】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1:1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。（以上、第5の工程）

（熱酸化条件）

・加熱温度：1100°C

・酸素ガス供給量：1L/s

・加熱時間：約5時間

【0399】次に、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側から I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッティングを行い、珪素酸化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッティングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ100μm露出したところでドライエッティングを停止した。（以上、第6の工程）

【0400】上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、シリコン基板の微細孔に連続した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径19μm、そのバラツキが±1μm、形成ピッチ120μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0401】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形状加工を行ったポリエーテルケート樹脂製の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパー形状凹部が形成された面）の周辺部の珪素酸化物層上に固定した。

【0402】次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（FD（株）製15000XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0403】微細パターン形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は20mPa·sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm

m）を準備した。

【0404】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が2.5±1μm、線ピッチが2.5±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0405】また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は1000mPa·sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が3.0±2μm、線ピッチが1.20±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0406】【実施例1-4】

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み2000μm、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6×10⁻⁶/K）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素酸化物層を0.1μmの厚みで形成した。

【0407】次いで、珪素酸化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE（Reactive Ion Etching）によるドライエッティングを行い、小開口（直径30μmの円形開口）が20μmのピッチで一直線線上に42個形成されたパターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0408】次に、シリコン基板の両面に上記の珪素酸化物層のパターンを覆うように、スペッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2μmの厚みで形成した。次に、上記の小開口を形成した面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッティングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径20μmの円形開口）が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。さらに、上記の小開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッティングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径50μmの円形開口）を形成した。この広幅開口は、

その開口中心が上記の小開口の中心とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第2の工程)

【0409】次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ $150\text{ }\mu\text{m}$ の微細孔 (直径 $20\text{ }\mu\text{m}$) を穿設した。(以上、第3の工程)

【0410】次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約 $50\text{ }\mu\text{m}$ の深さまで穿設した。これにより、直径 $50\text{ }\mu\text{m}$ の円形の広幅開口部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。(以上、第4の工程)

【0411】次いで、金属パターンを硫酸過水 (硫酸 : 過酸化水素水 = 1 : 1) により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅開口部の壁面、微細孔の壁面、および、珪素化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み $5000\text{ }\text{Å} \sim 10000\text{ }\text{Å}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第5の工程)

(熱酸化条件)

・加熱温度 : 1100°C

・酸素ガス供給量 : $1\text{ L}/\text{min}$

・加熱時間 : 約 5 時間

【0412】次に、広幅開口部が形成されていないシリコン基板の面側から I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一緒に形成され、このノズル基部の長さが $100\text{ }\mu\text{m}$ に達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第6の工程)

【0413】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $20\text{ }\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差 ($5\text{ }\mu\text{m}$) として得られた。

【0414】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エボキシン接着剤によりシリコン基板の表面 (微細ノズルの非形成面) の周辺部上に接着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプ

の他端をインキ供給装置 (E F D (株) 製 1500 X L) を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0415】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ (富士フィルムオーリン (株) 製カラーモザイク CR - 70001) を充填した。このインキの粘度は $50\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板 ($100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$) を準備した。

【0416】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{ mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査せながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $2.5 \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $2.5 \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は $100\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $4.0 \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $12.0 \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0417】[実施例 II-1]

微細ノズルの形成

まず、表面を R C A 洗浄したシリコン基板 (直径 3 inch 、厚み $2.00\text{ }\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $<100>$ 、線膨張係数 $= 2.6 \times 10^{-4}/\text{K}$) を準備した。このシリコン基板の全面に低圧 C V D 法により珪素化物層を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0418】次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト (シブレイ (株) 製 Micro Posit S 1818) を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント (混酸アルミ) でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部 (直径 $20\text{ }\mu\text{m}$ の円形開口部) が $200\text{ }\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に 23 個形成された金属パターンを形成した。

【0419】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔 (直径 $20\text{ }\mu\text{m}$) を穿設した。

【0420】次いで、金属パターンを硫酸過水 (硫酸 : 過酸化水素水 = 1 : 1) により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\text{ }\text{Å} \sim 10000\text{ }\text{Å}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。

(熟酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100°C
- ・酸素ガス供給量 : 1 L/min
- ・加熱時間 : 約5時間

【0421】次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素変化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されていいる珪素酸化物層が長さ136μm露出したところをドラ

イエッティングを停止した。

【0422】上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径2.3μm、外側径2.4μm、先端部近傍の肉厚0.5μm、形成ピッチ200μmであった。

【0423】補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

(補強層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 : 150kW
- ・周波数 : 90kHz
- ・プロセス圧力 : 2.9×10^{-4} Torr (38.6Pa)
- ・ガス流量 : 酸素流量 = 30 sccm
ヘリウム流量 = 30 sccm
ヘキサメチルジシロキサン流量 = 0.1 sccm (液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径2.0μm、外側径2.6μm、先端部近傍の肉厚3.0μmであった。

【0424】微細ノズルの強度測定

ここで、補強層を形成する前後の微細ノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に配置し、Dagle社製の万能型ボンドテスターPC-2400を用い、シェアデスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約5μmに保って水平方向から速度6mm/分で3本の微細ノズルに同時に衝撃させて

破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前の微細ノズルの強度は0.16g/1本であり、補強層形成後の微細ノズルの強度は0.68g/1本であった。この結果と、上述の補強層の形成により、微細ノズルの強度が大幅に向上(4.3倍)することが確認された。

【0425】撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で撥水性層を形成した。

(撥水性層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 : 50W
- ・周波数 : 13.56MHz
- ・ベース圧力 : 4.0×10^{-4} Torr (5.3×10⁻³Pa)
- ・プロセス圧力 : 1.1×10^{-4} Torr (14.6Pa)
- ・プロセスガス : CHF₃
- ・ガス流量 : 100 sccm
- ・成膜時間 : 10分間

【0426】上述のように形成した撥水性層について、下記のESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) およびFT-IR (Fourier Transform infrared Spectroscopy) を用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1:1.05であることが確認された。また、撥水性層の厚みは37nmであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

【0427】(ESCA)

- ・装置 : VG Scientific社製 ESCALAB 220i-XL

・X線源 : Monochromated Al Ka

・X線出力 : 10kV×15mA (150W)

・レンズ : Large Area XL

・基板 : シリコンウェハ

【0428】(FT-IR)

- ・装置 : 日本分光社製 FT/IR-610

・測定モード : Macro-TRS 透過測定

・分解能 : 4cm⁻¹

・積算数 : 128回

・基板 : シリコンウェハ

【0429】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素塗化物層上に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製15000XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0430】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-70001）を充填した。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm）を準備した。

【0431】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査せながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐き出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が2.5±1μm、線ピッチが2.5±1μmであり、極めて精度の高いものであった。また、微細パターン形成装置のシリコン基板裏面へのインキの付着はほとんど見られなかった。

【0432】【実施例II-2】

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200μm、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6×10⁻⁶/K）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素塗化物層を0.1μmの厚みで形成した。

【0433】次いで、珪素塗化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE（Reactive Ion Etching）によるドライエッティングを行い、テーパー用開口（1辺が7.0μmの正方形の開口）が2.20μmのピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素塗化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッティングのマスクとした。

【0434】次に、上記の珪素塗化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッティングを施す。このエッティングは、7.0~8.0°Cに保った3.3体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約5分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ50μm、1辺がシリコン基板表面に対して5°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成され

（補強層形成条件）

た。

【0435】次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2μmの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（濃酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径2.0μmの円形開口）が2.20μmのピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

【0436】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma = Reactive Ion Etching）エッティングによるディープエッティングを行い、シリコン基板に微細孔（直径2.0μm）を穿設した。このディープエッティングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

【0437】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1:1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加热温度 : 1100°C

・酸素ガス供給量 : 1L/分

・加热時間 : 約5時間

【0438】次に、珪素塗化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE（Inductively Coupled Plasma = Reactive Ion Etching）によるドライエッティングを行い、さらに、シリコン基板をエッティングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ1.00μm露出したところでドライエッティングを停止した。上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径2.3μm、外側径2.4μm、先端部近傍の肉厚0.5μm、形成ピッチ2.20μmであった。

【0439】油強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製P E D - 4 0 1
- ・電力 : 1 5 0 k W
- ・周波数 : 9 0 k H z
- ・プロセス中圧力 : 2. 9 × 1 0 ⁻¹ T o r r (3 8. 6 P a)
- ・ガス流量 : 酸素流量 = 3 0 s c c m
ヘリウム流量 = 3 0 s c c m
ヘキサメチルジシロキサン流量 = 0. 1 s c c m (液)
- ・成膜時間 : 6 分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径 2 0 μ m、外側径 2 6 μ m、先端部近傍の肉厚 3. 0 μ m であった。

【0 4 4 0】 摺水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により実施例1と同条件で摺水性層を形成した。上述のように形成した摺水性層について、実施例1と同様にE S C AおよびF T - I Rを用いて分析を行った。その結果、摺水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は 1 : 1. 0 5 であることが確認された。また、摺水性層の厚みは 3 7 n m であった。さらに、水の接触角度を測定したところ約 9 5° であり、同様に測定した補強層における水の接触角度 6 0° に対して極めて大きく、摺水性に優れることが確認された。

【0 4 4 1】 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったボリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面(逆四角錐形状のテーパー形状凹部が形成された面)の周辺部上に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置(E F D (株)製 1 5 0 0 X L)を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0 4 4 2】 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ(富士フィルムオーリン(株)製カラーモデイクC R - 7 0 0 1)を充填した。このインキの粘度は 2 0 m P a · s であった。また、パターン形成体として、ガラス基板(1 0 0 m m × 1 0 0 m m)を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を 5 0 m m / 秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が 2 5 ± 1 μ m、線ピッチが 2 5 ± 1 μ m であり、極めて精度の高いものであった。

【0 4 4 3】 また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は 1 0 0 m P a · s であった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプ

は、線幅が 3 0 ± 2 μ m、線ピッチが 2 2 0 ± 1 μ m であり、極めて精度の高いものであった。

【0 4 4 4】 【実施例】- 3】

微細ノズルの製造

表面をR C A洗浄したシリコン基板(直径 3 インチ、厚み 2 0 0 μ m、片面研磨、結晶方位 < 1 0 0 > 、線膨張係数 = 2. 6 × 1 0 ⁻⁶ / K)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素酸化物層を 0. 1 μ m の厚みで形成した。次いで、両面の珪素酸化物層上にスピッターリング法によりアルミニウム薄膜を 0. 2 μ m の厚みで形成した。

【0 4 4 5】 次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S 1 8 1 8)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッティングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口(直径 5 0 μ m の円形開口)をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S 1 8 1 8)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッティングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口(直径 2 0 μ m の円形開口)をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

【0 4 4 6】 次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティングによるディープエッティングを行い、シリコン基板に深さ 1 5 0 μ m の微細孔(直径 2 0 μ m)を穿設した。

【0 4 4 7】 次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッティングによるディープエッティングを行い、上記の微細孔が出現するまで約 5 0 μ m の深さまで穿設した。これにより、直径 5 0 μ m の円形の広幅凹部が形成さ

れ、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

【0448】次いで、金属性パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1:1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度：1100°C

・酸素ガス供給量：1 l/min

・加熱時間：約5時間

【0449】次に、珪素酸化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からIC P-R-I-E (Inductively Coupled Plasma - Reactive I

（補強層形成条件）

・プラズマCVD装置：アネルバ（株）製PED-401

・電力：150kW

・周波数：90kHz

・プロセス中圧力：2.9×10⁻⁴ Torr (38.6Pa)

・ガス流量：酸素流量=30 sccm

ヘリウム流量=30 sccm

ヘキサメチルシロキサン流量=0.1 sccm (液)

・成膜時間：6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径2.0μm、外側径2.6μm、先端部近傍の肉厚3.0μmであった。

【0452】撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により実施例1と同条件で撥水性層を形成した。上述のように形成した撥水性層について、実施例1と同様にE S C AおよびFT-I Rを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1:1.05であることが確認された。また、撥水性層の厚みは3.7n mであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

【0453】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（多段形状の凹部開口の形成面）の周辺部上に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0454】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）

on Etching）によるドライエッティングを行い、さらに、シリコン基板をエッティングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ1000μm露出したところでドライエッティングを停止した。

【0450】上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、シリコン基板の微細孔に連続した珪素酸化物からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径2.3μm、外側径2.4μm、先端部近傍の肉厚0.5μm、形成ピッチ120μmであった。

【0451】補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

製カーラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は2.0mPa·sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm）を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を5.0mm/秒の一定速度で走査せながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が2.5±1μm、線ピッチが2.5±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0455】また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は1.00mPa·sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が2.8±2μm、線ピッチが1.20±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0456】【実施例III-1】

微細パターン形成装置の作製

表面を洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み2.0μm、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6×10⁻⁶/K）を準備した。このシリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、全面に厚み約2μmの珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度：1050°C

・水素ガス供給量：1slm

・酸素ガス供給量 : 1 s l m

・加熱時間 : 約15時間

【0457】次に、研磨面側に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit 1400-31）をスピンドルコート法により塗布して乾燥し、その後、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。このレジストパターンには、円形開口（直径20μm）がX軸方向に200μmピッチで同一線上に23個形成されている。次いで、レジストパターンをマスクとして、BHF16（一水素二フッ化アンモニウム2.2%水溶液）により珪素酸化膜をパターンングするとともに、レジストパターンが設けられていない部位の珪素酸化膜を溶解除去した。

【0458】次に、パターンングされたレジストパターンと珪素酸化膜をマスクとして、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）による高アスペクトエッチングを行い、直径20μm、深さ190μmの微細孔を穿設した。その後、硫酸と過酸化水素との混合溶液を用いてレジストパターンを除去し、さらに、フッ酸を用いて珪素酸化膜のマスクを除去した。

【0459】次いで、上記のように微細孔を穿設したシ

（補強層形成条件）

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ（株）製PED-401
- ・電力 : 150kW
- ・周波数 : 90kHz
- ・プロセス中圧力 : 2.9×10^{-1} Torr (38.6Pa)
- ・ガス流量 : 酸素流量=30sccm
ヘリウム流量=30sccm
ヘキサメチルジシロキサン流量=0.1sccm (液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化膜からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径20μm、外側径30μm、先端部近傍の厚さ5.0μmであった。

【0463】ここで、補強層を形成する前後のノズルの強度を以下の方法により比較した。すなはち、ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンドステーPC-2400を用い、シェアテズ用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約5μmに保って水平方向から速度6mm/分で3本のノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前のノズルの強度は0.15g/1本であり、補強層形成後のノズルの強度は0.6g/1本であった。この結果と、上述の補強層の形成により、ノズルの強度が大幅に向上（4倍）することが確認された。

【0464】次に、200μmピッチで同一線上に23個形成された微細孔を閉むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのボリ

リコン基板に対して、加熱時間を約3時間とした他は上記と同様の条件にて熱酸化炉内で酸化処理を施すことにより、全面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。この酸化処理により、微細孔の壁面にも珪素酸化物層が形成された。

【0460】次いで、シリコン基板の裏面側のみをBHF16に浸漬して珪素酸化物層を除去してシリコン基板の裏面を露出させた。その後、TMALH（水酸化テトラメチルアンモニウム）にシリコン基板の裏面側を浸漬してエッチングを行った。これにより、シリコン基板の裏面には、上記の酸化処理により微細孔の壁面に形成された珪素酸化物層からなる微細管が突出した状態となつた。

【0461】次いで、この珪素酸化物層からなる微細管の先端をBHF16に浸漬して溶解除去することにより開口させ、その後、TMALHによりシリコン基板の裏面側をエッチングして、長さ1000μmのノズルを形成した。

【0462】次に、上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

イミド層（厚み70μm）を設けた。

【0465】次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。

【0466】一方、上記のシリコン基板の裏面に対向し、かつ、上記の200μmピッチで23個形成された微細孔の配列方向と軸方向とを一致させるように、パターン被形成体と対向電極とを兼ねるドラム（直径100cm）を回転可能に配置し、かつ、接地した。このドラムの表面からノズル先端までの距離は150μmとした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置1）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する吐出観察用のものとした。

【0467】また、酸化インジウムスズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形

成体)を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を250μmとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置(装置2)を得た。この微細パターン形成装置は、後述する直描実験用のものとした。

【0468】微細パターンの形成

まず、溶剤であるブチルカルボヒドロ(電気伝導率=1.3×10⁻⁷S/cm)に、樹脂(共栄社化(株)

製KC7000)を混合(0重量%、6重量%、8重量%、12重量%、15重量%、17重量%の6種)し、超音波攪拌して得た溶液に、赤染料(C.I. Disperse-red 60)を1重量%添加して、6種のインキを調製した。これらのインキの樹脂含有量、粘度、電気伝導率は、下記の表1に示した。

【0469】

【表1】

表1

インキ	樹脂含有量 (重量%)	インキ粘度 (mPa·s)	電気伝導率 (S/cm)
試料1	0	7	1.3×10 ⁻⁶
試料2	6	70	4.2×10 ⁻⁶
試料3	8	130	4.5×10 ⁻⁶
試料4	12	450	5.4×10 ⁻⁶
試料5	15	1800	5.4×10 ⁻⁶
試料6	17	2800	5.3×10 ⁻⁶

【0470】次に、上述のように調製した各インキをインキ供給装置に充填し、吐出状態の観察、および、直描実験を行った。

(吐出状態観察)次に、微細パターン形成装置(装置1)の主電極に、電源(ファンクションジェネレータ、アンプ(×1000)、オシロスコープで構成した)から電圧(直流1kV)を印加し、対向電極を回転(周速度23,6mm/秒)させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiで各インキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出状態をマイクロスコープで観察した。この結果、最も粘度が低いインキ(試料1)では、ノズル先端にメニスカスが形成された。しかし、樹脂混合により粘度を高くしたインキ(試料2~6)では、ノズル先端にメニスカスが形成されなかつた。このことは、高粘度のインキが電界に対して敏感にならることが原因と考えられる。

【0471】(直描実験)微細パターン形成装置(装置2)の主電極に、電源(ファンクションジェネレータ、アンプ(×1000)、オシロスコープで構成した)から電圧(直流1kV)を印加し、シリコン基板を対向電極(1TOを備えたガラス基板)に対して走査(速度200mm/秒)させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1~インキ試料4までのインキ(粘度が500mPa·s以下の低粘度インキ)では、線幅1.0±1μmの微細なストライプ形状パターンの形成が可能であり、高粘度インキ(試料5~試料6)では、更に、線幅が2.0±0.5μmまでの微細なストライプ形状パターンの形成は可能であった。

【0472】また、主電極へ印加する電圧を2kVとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、インキ試料1~インキ試料4までの低粘度インキでは、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極(パターン被形成体)上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は1.2±1μmであり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

【0473】これに対して、主電極に電圧を印加することなく、上記と同様にインキ供給装置から圧力1.5psiでインキ試料1~インキ試料2までの低粘度インキをシリコン基板に供給したところ、ノズルからのインキ吐出が不可能であった。そこで、インキ供給装置からのインキ供給圧力を1.2psiまで引き上げたところ、ノズルからのインキ吐出幅が2.0μm以上となり、ラインが重なってストライプ形状のパターン形成ができなかつた。

【0474】【実施例III-2】

微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み200μm、片面研磨、結晶方位<100>、繊維張係数=2.6×10⁻⁴/K)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素化物層を0.1μmの厚みで形成した。

【0475】次いで、珪素化物層上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1812)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE(Reactive Ion Etc

hing)によるドライエッティングを行い、テーパー用開口（1辺が7.0 μmの正方形の開口）が1.20 μmのピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッティングのマスクとした。

【0476】次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッティングを施す。このエッティングは、7.0～8.0°Cに保った3.3体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ5.0 μm、1辺がシリコン基板表面に対して5.5°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

【0477】次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2 μmの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S 18-18）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッティング（混酸アルミ）でエッティングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径2.0 μmの円形開口）が1.20 μmのピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

【0478】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッティングによるディープエッティングを行い、シリコン基板に微細孔（直径2.0 μm）を穿設した。このディープエッティングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

【0479】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1:1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で熱酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の駆面、および、貫通微細孔の壁面に厚み5.000～10.000 Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度：1100°C
- ・酸素ガス供給量：1 L/min
- ・加熱時間：約5時間

【0480】次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）によるドライエッティングを行い、シリコン基板をエッティングして、貫

通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ1.0 μm露出したところでドライエッティングを停止した。上述の工程により、シリコン基板のエッティング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが形成された。

【0481】上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III-1と同様にして、プラズマCVD法により補強層を形成した。上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径2.0 μm、外側径3.0 μm、先端部近傍の内厚5.0 μm、形成ピッチ1.20 μmであった。

【0482】次に、2.00 μmピッチで同一線上に23個形成された微細孔を閉むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み7.0 μm）を設けた。次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔開口部）の周辺部に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。

【0483】一方、酸化インジウムズズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を2.50 μmとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0484】微細パターンの形成

実施例III-1と同様にして、6種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×1000）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1kV）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度2.00 mm/秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5 psigでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1～インキ試料6までの各インキとも、線幅3±1 μmの微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

【0485】また、主電極印加する電圧を2kVとした他の、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は5±1 μmであり、極めて精

度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

【0486】【実施例III-3】

微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200μm、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6×10⁻⁶/K）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素酸化物層を0.1μmの厚みで形成した。次いで、両面の珪素酸化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2μmの厚みで形成した。

【0487】次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のオットマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径50μmの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のオットマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径20μmの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

【0488】次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ150μmの微細孔（直径20μm）を穿設した。

【0489】次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約50μmの深さまで穿設した。

これにより、直径50μmの円形の広幅開口部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

【0490】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1:1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅開口部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・ 加熱温度 : 1100°C
- ・ 酸素ガス供給量 : 1L/分
- ・ 加熱時間 : 約5時間

【0491】次に、珪素酸化物層を除去し、その後、広幅開口部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）によるドライエッティングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ100μm露出したところでドライエッティングを停止した。

【0492】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが作製された。上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III-1と同様にして、プラズマCVD法により補強層を形成した。

【0493】上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径20μm、外側径30μm、先端部近傍の内厚5.0μm、形成ピッチ120μmであった。次に、200μmピッチで同一線上に23個形成された微細孔を埋むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間に、絶縁のためのポリミド層（厚み70μm）を設けた。

【0494】次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったボリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固定した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。一方、酸化インジウムズズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を250μmとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0495】微細パターンの形成

実施例III-1と同様にして、6種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（×1000）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1kV）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度200mm/s）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この

結果、インキ試料1～インキ試料6までの各インキとも、線幅 $3 \pm 1 \mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

【0496】また、主電極へ印加する電圧を 2 kV とした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $5 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

【0497】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板の裏面へのインキ付着が防止され、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素酸化物層は、高い電気絶縁性をシリコン基板に付与し、さらに、微細ノズルがノズル基部を備える場合、微細ノズルの機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する耐久性が格段に向上がる。また、微細孔の微細ノズルと反対側の開口部をテープ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、流路抵抗が低減され、より高精度のインキを複数の微細孔あるいはノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。本発明の微細ノズルの製作方法では、シリコン基板に貫通微細孔を形成し、この貫通微細孔の内壁面を含む露面のみに選択的に珪素酸化物層を形成し、この珪素酸化物層とシリコン基板とのドライエッティングレートの差を利用して微細ノズルを形成するので、内径精度の高い微細ノズルの形成が容易であり、また、特に、ディエピッチャング時のマスク側をノズル先端として利用することにより、複数の微細ノズルの開口径がより均一なものとなる。また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、微細ノズルが補強層により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能である。このため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。さらに、撥水性層をシリコン基板裏面側と補強層上に設けることにより、インキ付着防止が格段に向上がる。また、微細孔の表面側の開口部をテープ形状あるいは多段形状の凹部とする

ことにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間に形成される電界とインキ供給圧とを併用するので、インキ供給圧を低く設定してシリコン基板の微細孔からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、インキ供給空間にインキがある場合には、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能であり、また、主電極と対向電極間に形成される電界強度を変えることによりインキ吐出幅の制御が可能であるので、微細孔の開口径を小さくすることなく、かつ、インキ供給圧を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、さらに、微細孔の開口部にノズルが設けられている場合には、シリコン基板裏面へのインキの付着が防止される。また、微細孔の表面側の開口部をテープ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細孔あるいはノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することができるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、本発明の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に走査させるパターン形成方法では、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを高い精度で形成でき、この走査方向に沿って同上に配列された複数の微細孔からインキを吐出することにより、1つの微細孔からのインキ吐出量が少くとも、パターン形成速度を高めることができる。さらに、本発明の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に位置合わせて設置し、一定量のインキを各微細孔から吐出するパターン形成方法では、所望のパターンを繰り返し簡便かつ高精度で形成することができ、マトリックス形状のカラーフィルタやプリント配線板の導体パターン形成等に応用可能である。また、インキ吐出幅を制御することにより種々の形状のパターン形成をより高い精度で行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図2】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図3】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図4】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図5】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図6】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態

を示す概略断面図である。

【図 7】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 8】図 7 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図 9】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 9 (A) は概略断面図、図 9 (B) は底面図である。

【図 10】図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

【図 11】図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

【図 12】図 9 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図 13】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図 14】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

【図 15】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

【図 16】本発明の微細ノズルの製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。

【図 17】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 18】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 19】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 20】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 21】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 22】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 23】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 24】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 25】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 26】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 27】図 26 に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。

【図 28】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 29】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 30】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 31】図 5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図 32】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 32 (A) は概略断面図、図 32 (B) は底面図である。

【図 33】図 32 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

【図 34】図 32 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

【図 35】図 32 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図 36】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図 37】本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

【図 38】本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

【図 39】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 40】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 41】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 42】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 43】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 44】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 45】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 46】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

【図 47】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

【図 48】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 49】シリコン基板の裏面側に配設された主電極を説明するための支持部材を取り除いた状態の平面図である。

【図 50】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 51】シリコン基板の裏面側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。

【図 52】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 53】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 54】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 5-5】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 5-6】図 5-5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図 5-7】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 5-7 (A) は概略断面図、図 5-7 (B) は底面図である。

【図 5-8】図 5-7 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-B 線矢視における横断面図である。

【図 5-9】図 5-7 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

【図 5-10】図 7 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図 5-11】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図 5-12】本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

【図 5-13】本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

【図 5-14】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図 5-15】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図 5-16】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図 5-17】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図 5-18】本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を示す斜視図である。

【図 5-19】本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を示す斜視図である。

【符号の説明】

1, 1', 1", 11, 11', 11", 21, 31,

4 1-微細パターン形成装置

2, 2', 2", 12, 12', 12", 22, 32,

4 2-シリコン基板

3, 13, 23, 33, 43-微細孔

3a, 13a, 23a, 33a-開口部

3' a, 13' a-テーパー形状の凹部

3" a, 13" a-多段形状の凹部 (広幅凹部)

4, 14, 24, 34-珪素酸化物層

5, 15, 25, 35-微細ノズル

15a, 25a, 35a-ノズル基部

15b, 25b, 35b-珪素酸化物内面層

15c, 25c, 35c-珪素酸化物端面層

7, 17, 27, 37-保持部材

8, 18, 28, 38-インキ流路

9, 19, 29a, 29b, 29c, 39a, 39b,

39c-インキ供給装置

101, 111, 121, 131, 141, 151-微

細パターン形成装置

102, 112, 122, 132, 142, 152-シリコン基板

103, 113, 123, 133, 143, 153-微細孔

103a, 113a, 123a, 133a, 143a, 153a-開口部

113' a-テーパー形状の凹部

123' a-多段形状の凹部 (広幅凹部)

104, 114, 124, 134, 144-珪素酸化物層

105, 115, 125, 135, 145-微細ノズル

105a, 115a, 125a, 135a, 145a-ノズル先端面

105b, 115b, 125b, 135b, 145b-ノズル外側面

105c, 115c, 125c, 135c, 145c-ノズル内側面

106, 116, 126, 136, 146-捕捕層

107, 117, 127, 137, 147-保持部材

108, 118, 128, 138, 148-インキ流路

109, 119, 129, 139a, 139b, 139c, 149a, 149b, 149c-インキ供給装置

201, 211, 221, 231, 241, 251, 261-微細パターン形成装置

202, 212, 222, 232, 242, 252, 262-シリコン基板

203, 213, 223, 233, 243, 253, 263-微細孔

203a, 213a, 223a, 233a, 243a, 253a-開口部

203b, 213b, 223b, 233b, 243b, 253b-開口部

223' a-テーパー形状の凹部

233' a-多段形状の凹部

204, 214, 224, 234, 244, 254-珪素酸化物層

215, 225, 235-ノズル

206, 216, 226, 236, 246a, 246b, 246c, 256a, 256b, 256c-主電極

207, 217, 227, 237, 247, 257-向電極

208, 218, 228, 238, 248, 258-保持部材

209, 219, 229, 239, 249, 259-インキ流路

210, 220, 230, 240, 250a, 250b, 250c, 260a, 260b, 260c-インキ供給装置

P-パターン

S …パターン被形成体

【図 1】

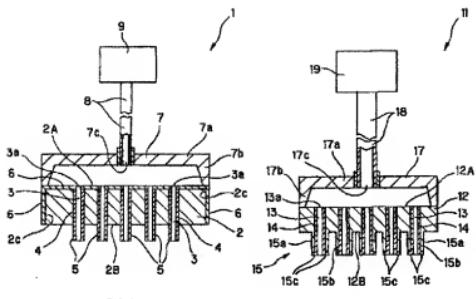


FIG.1

【図 2】

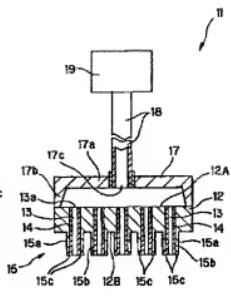


FIG.2

【図 10】

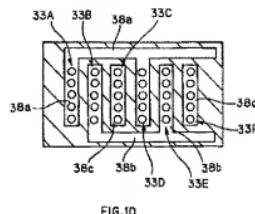


FIG.10

【図 3】

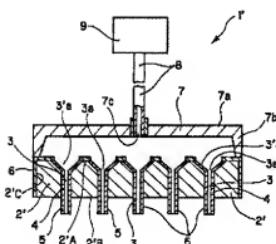


FIG.3

【図 4】

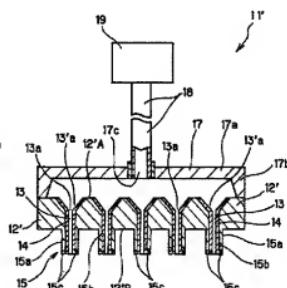


FIG.4

【図 11】

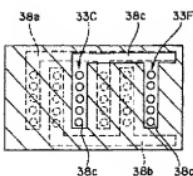


FIG.11

【図5】

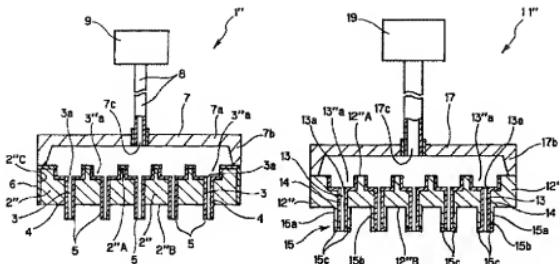


FIG.5

FIG. 6

[图7]

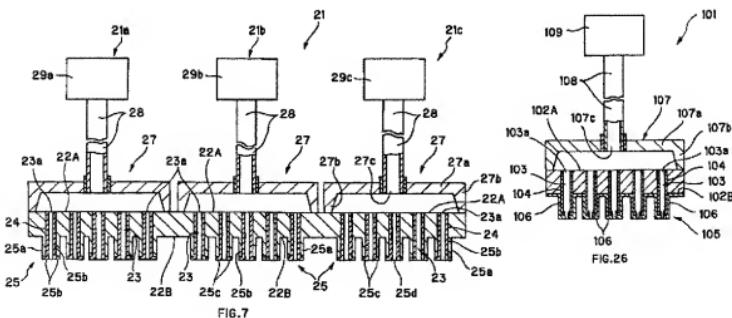
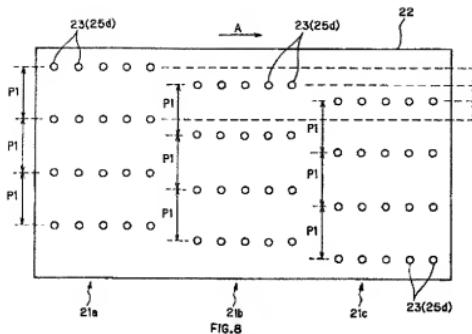
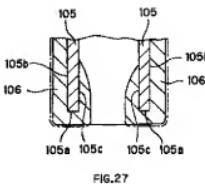


FIG. 7

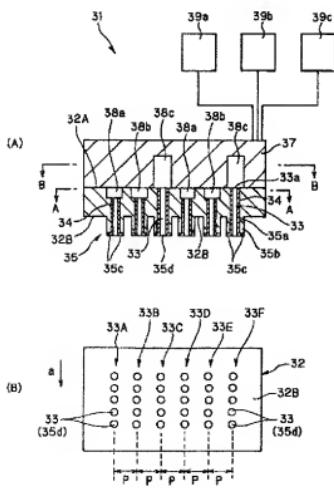
[図8]



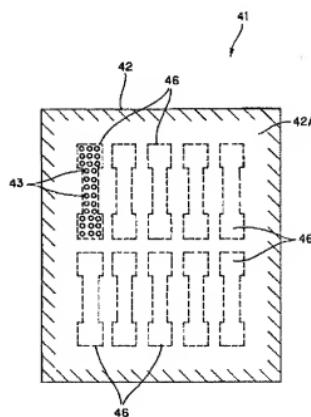
[図27]



【图9】



[图 1.3.1]



【図12】

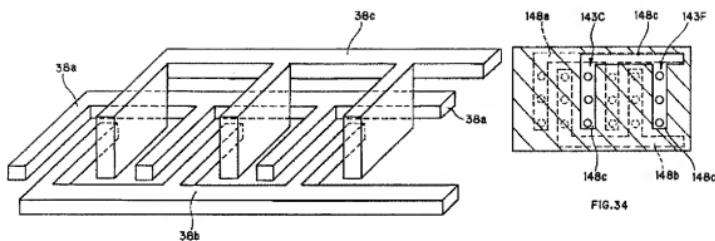


FIG.12

【図3-4】

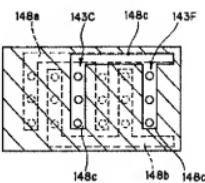


FIG.3-4

【図1-4】

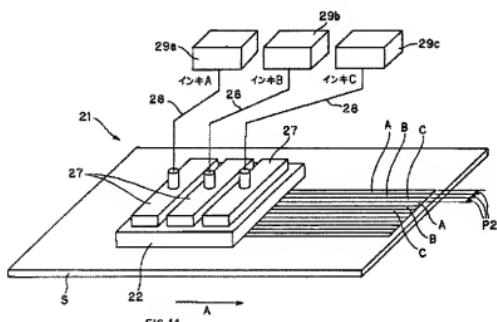


FIG.14

【図15】

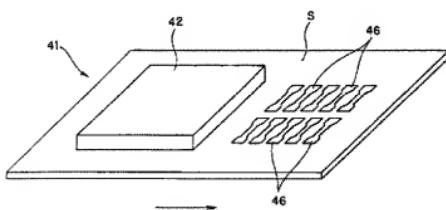


FIG.15

【図3-3】

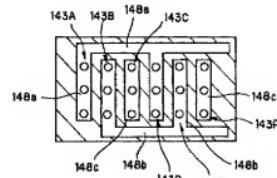


FIG.3-3

【図16】

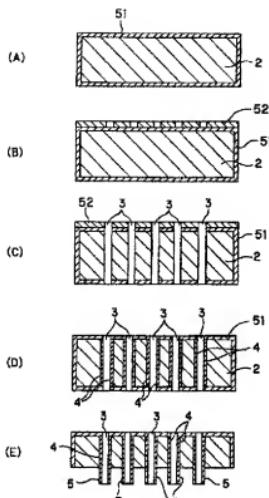


FIG.16

【図17】

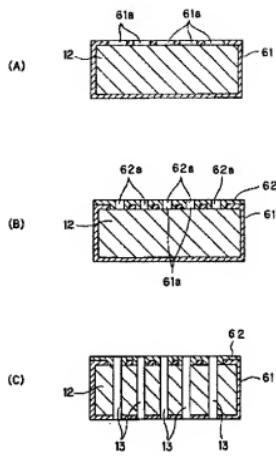


FIG.17

【図18】

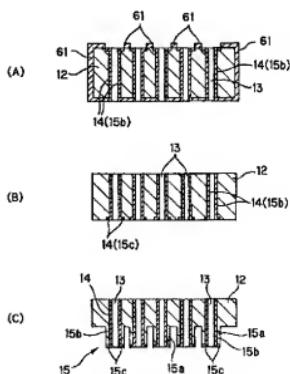


FIG.18

【图19】

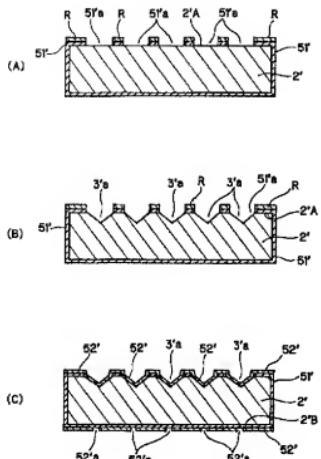


FIG.19

【图20】

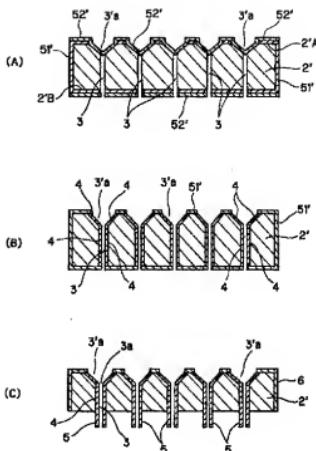


FIG.20

【图28】

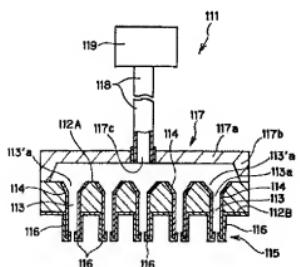


FIG.28

【图29】

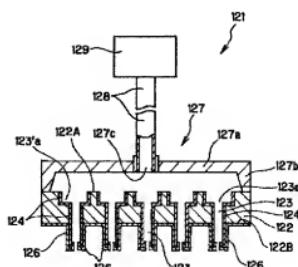


FIG.29

[図21]

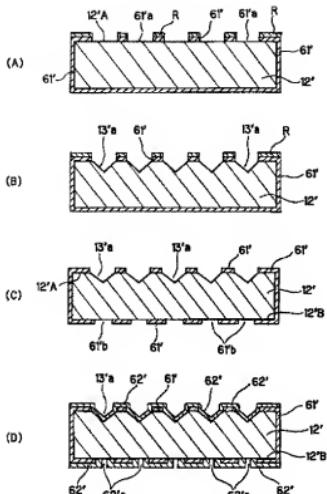


FIG.21

[図22]

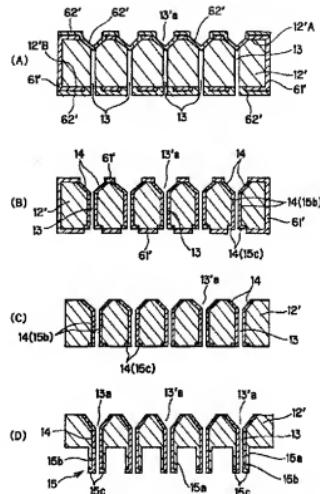


FIG.22

[図30]

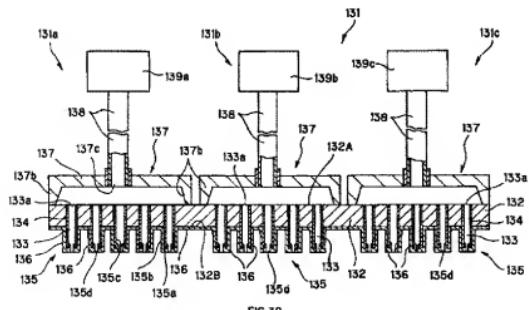


FIG.30

图 59

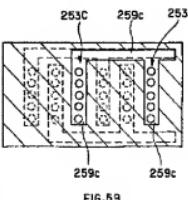


FIG. 59

[図23]

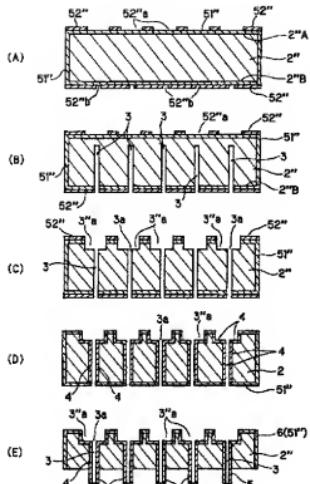


FIG-23

[図24]

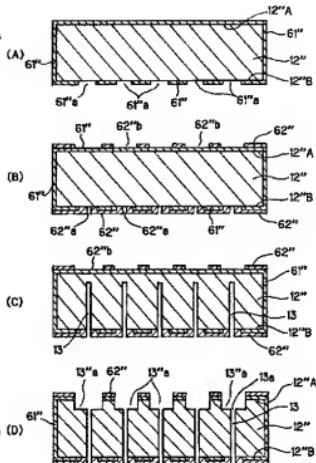


FIG. 24

[31]

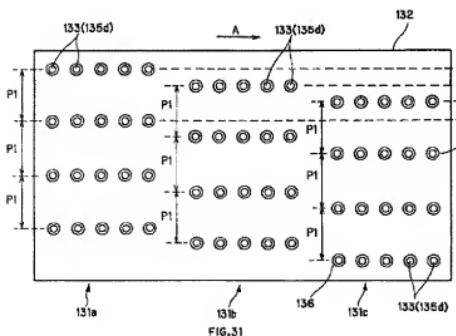


FIG. 31

图 4.8

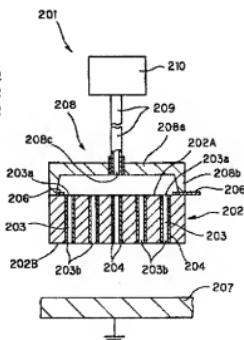


FIG. 48

[图25]

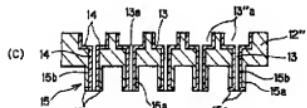
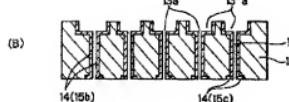
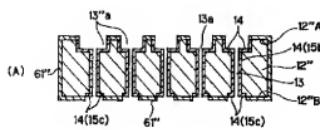


FIG. 25

[图32]

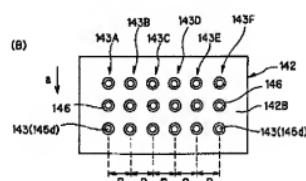
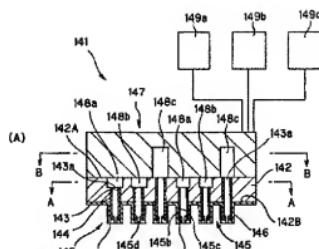


FIG. 32

[图 3.5]

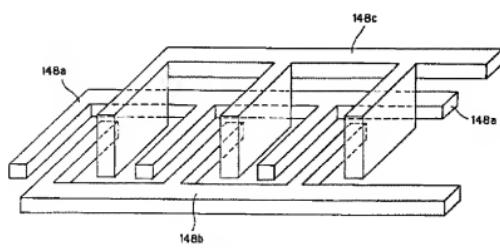


FIG.35

1849

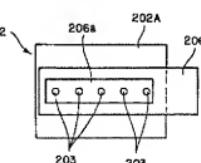
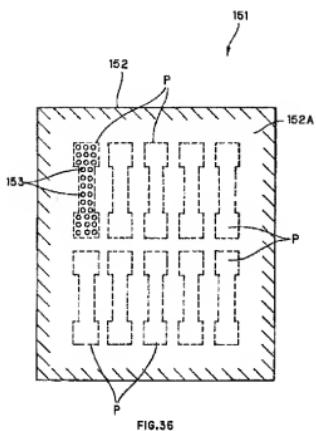


FIG. 4B

【图36】



[图3.9]

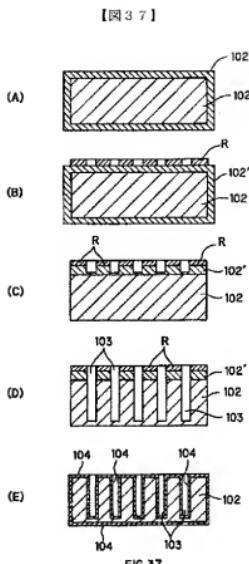


FIG. 37

FIG.39

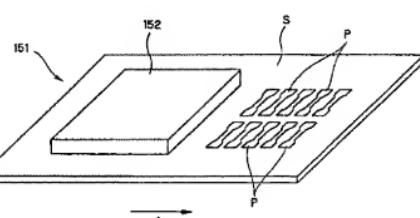
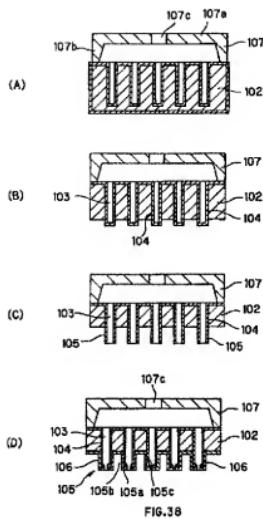


FIG.47

[图38]



[50]

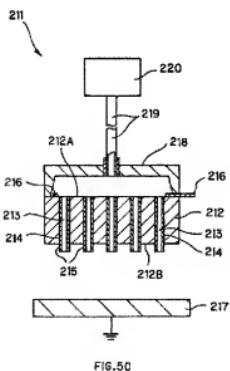


FIG. 50

[四〇]

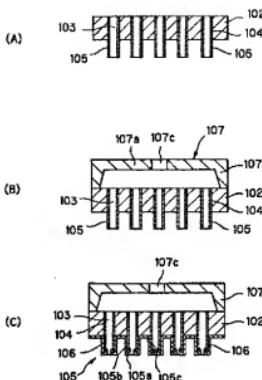


FIG. 40

图4.1

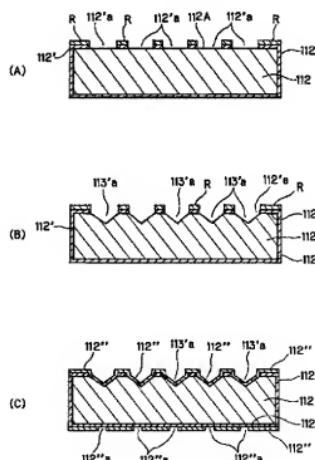


FIG. 41

【图42】

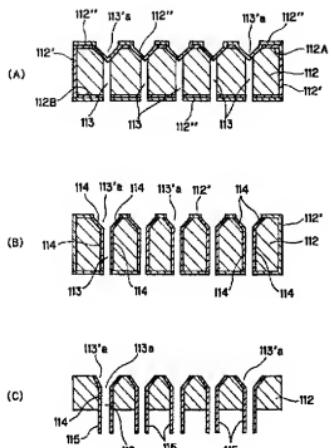


FIG. 42

[図43]

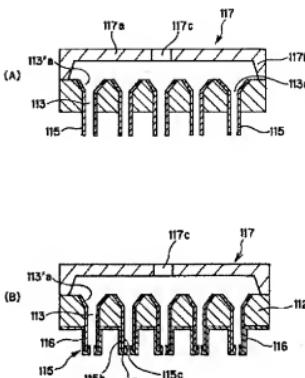


FIG. 43

[圖 5-1]

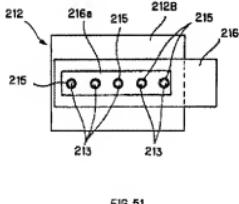


FIG.51

[図4.5]

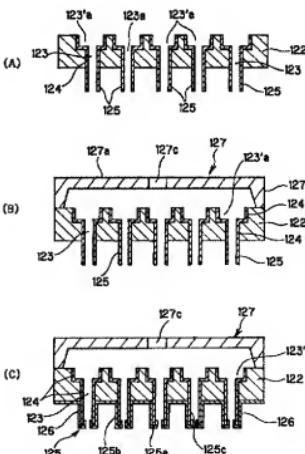


FIG. 45

【图4-4】

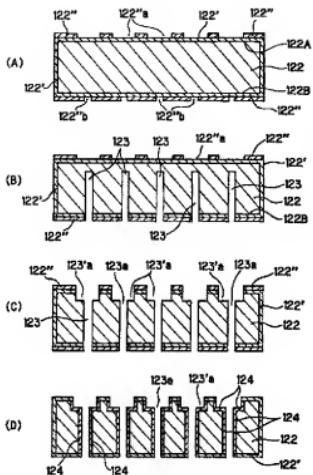


FIG. 44

[图52]

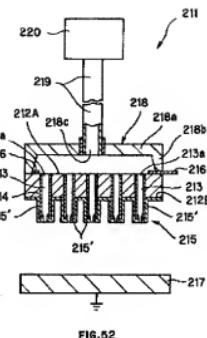


FIG. 52

[図62]

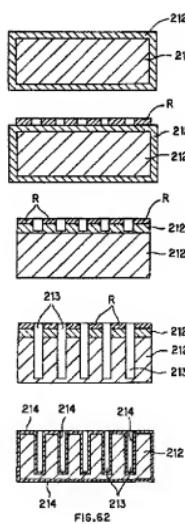


FIG. 62

[图4.61]

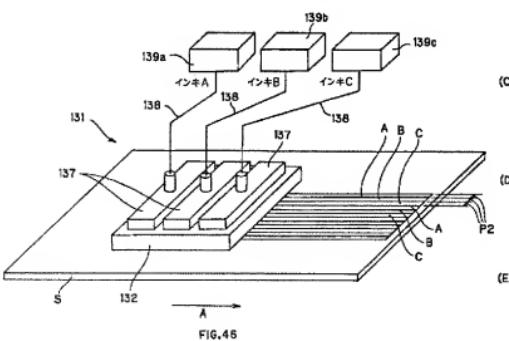


FIG.46

【图53】

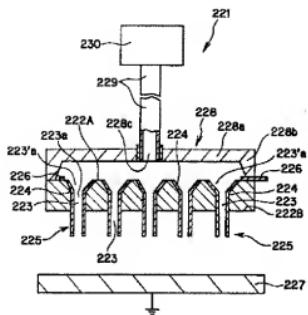


FIG.53

[図54]

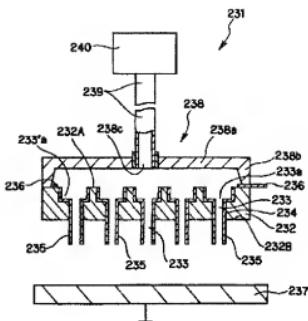


FIG. 54

[图5-5]

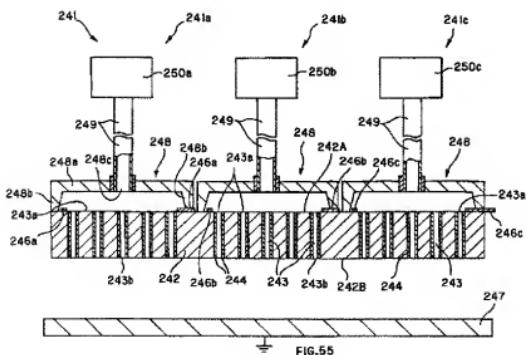
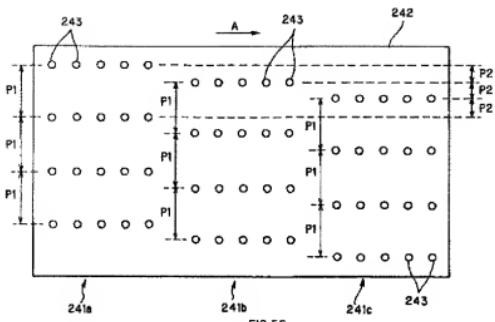
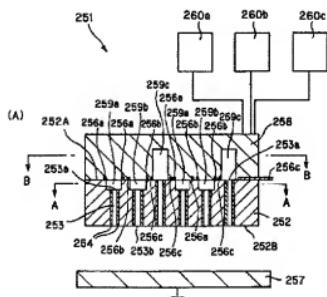


FIG.55

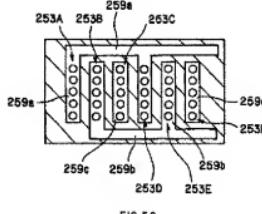
【图 5-6】



[图 5.7]



【图 5.8】



【図60】

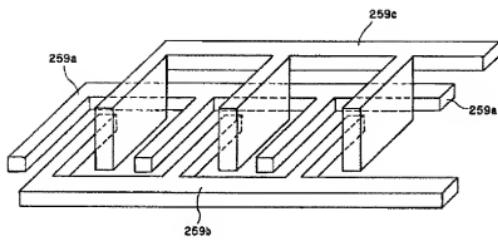


FIG.60

【図61】

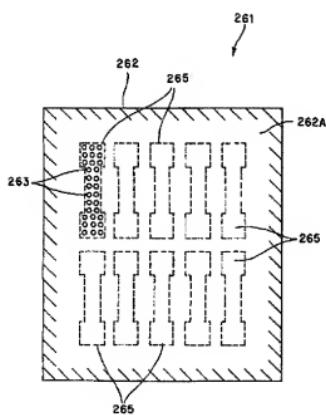


FIG.61

【図63】

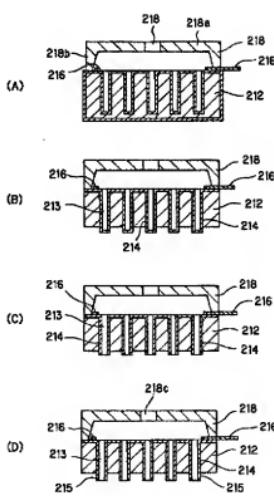


FIG.63

【図6-4】

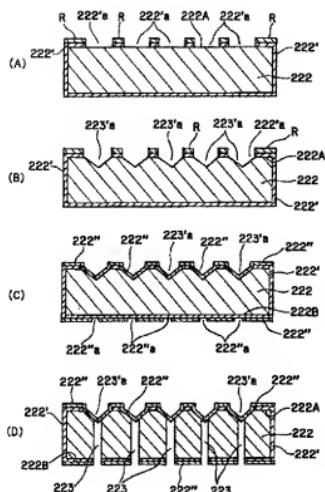


FIG.6-4

【図6-5】

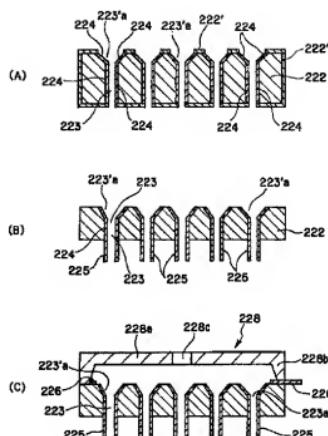


FIG.6-5

【図6-6】

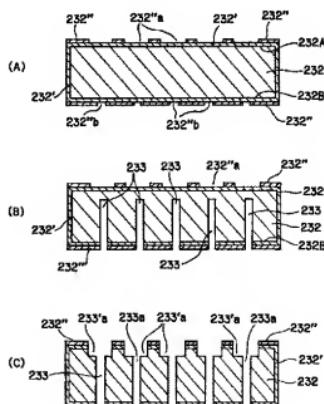


FIG.6-6

【图67】

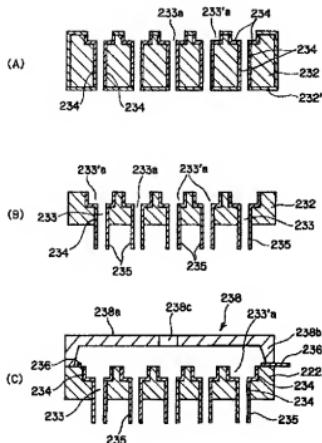
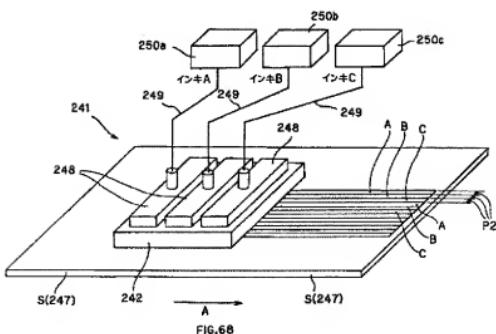


FIG.67

【图68】



【図69】

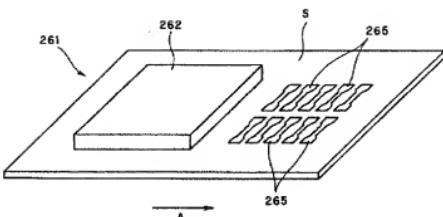


FIG.69

フコントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷ 識別記号

B 0 5 D	1/26	
G 0 2 B	5/20	1 0 1
G 0 2 F	1/1335	5 0 5
	1/1345	
H 0 1 L	21/027	

F I	F ターム (参考)
G 0 2 B 5/20	1 0 1 4 F 0 3 3
G 0 2 F 1/1335	5 0 5 4 F 0 3 4
	1/1345 4 F 0 4 1
B 4 1 J 3/04	1 0 3 N 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/30	5 6 4 Z

(72) 発明者 土屋 勝則
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

F ターム (参考) 2C057 AF93 AG14 AG16 AP12 AP32
AP34 AP56 A002
2H048 BA47 BA64 BB02
2H091 FA02Y FC01 FC29 FD04
LA12
2H092 GA50 JB05 JB23 JB32 MA35
NA25
4D075 AA04 AA09 AA34 AA53 AA55
AA65 AC07 AC08 AC09 AC73
AC74 CA47 DA04 DA06 DB13
DB18 DB31 DC24 EA07 EA33
4F033 AA01 BA03 CA04 DA06 EA01
FA01 NA01
4F034 AA04 BA07 BB15 BB26
4F041 AA02 AA05 AB02 BA05 BA13
BA17 BA22
5F046 JA02